



ПРИСПОСОБЛЕНІЯ

для

ПОДЪЕМА ВОДЫ.

Съ 14 чертежами въ текстѣ.

Составилъ М. РЫТЕЛЬ.

Инженеръ Путей Сообщенія.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типо-Литографія К. Л. Пентковского, Казначейская, 6—71.

1899.

Дозволено Цензурою. С.-Петербургъ, 6 сентября 1899 г.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стран.
Предисловіе.	
Вступленіе	1

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Подъемъ воды въ сосудахъ.

§ 1. Простые приборы	5
Ведро	5
Ведро съ журавлемъ.	6
Бадья на блокъ или на воротъ	8
Корзина	9
Лопатка и черпакъ	10
Качающаяся лопатка.	11
Машина Мореля.	13
§ 2. Чигирь. Норія	14
Русскіе чигири	14
Египетскій чигирь.	20
Металлическая норія.	23
Норія Гато	25
§ 3. Водоподъемныя колеса.	29
Колесо съ гончарными кувшинами.	30
Колесо съ подвѣшенными черпаками.	32
Древній тимпанъ.	33
Тимпанъ Лафе	35

	Стран.
§ 4. Колеса съ лопатками	39
Колесо съ внутреннюю опалубкою	41
Колесо съ плоскими лопатками (Sagebien)	48
Таблица размѣровъ и производительности суще- ствующихъ металлическихъ колесъ.	60
§ 5. Архимедовъ винтъ	61
Винтовая трубка.	61
Деревянный винтъ	62
Опредѣленіе количества воды, поднимаемой винтомъ	64
Примѣры устройства и работы архимедовыхъ винтовъ	73
§ 6. Цѣпной насосъ. Спиральный насосъ	83
Вертикальный цѣпной насосъ	83
Опредѣленіе объема воды, поднимаемой цѣпнымъ насосомъ	85
Наклонный цѣпной насосъ	86
Спиральный насосъ	87

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Н а с о с ы.

§ 7. Центробѣжные насосы	93
Горизонтальный центробѣжный насосъ	95
Установка центробѣжныхъ насосовъ	106
Насосы L. Neut et L. Dumont	110
Насосы Société française de matériel agricole à Vierzon	111
Насосы Г. Листа въ Москвѣ	111
Насосы I. A. H. Gwynne	112
Опредѣленіе размѣровъ центробѣжнаго насоса.	116
Вертикальные центробѣжные насосы	125
§ 8. Гидравлическій таранъ	128
Главные размѣры тарановъ и ихъ стоимость.	132

	Стран.
§ 9. Поршневые насосы	136
Всасывающій насосъ	136
Количество воды, поднимаемой насосомъ	143
Нагнетательный насосъ	146
Классификація насосовъ съ прямолинейнымъ дви- женіемъ поршня	149
Составныя части поршневыхъ насосовъ	154
Приспособленія для наполненія и опоражниванія насоса	168
Испытаніе насосовъ	169
Описаніе нѣкоторыхъ простыхъ насосовъ	170

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Двигатели для подъема воды. Сравненіе разныхъ спосо- бовъ подъема воды.

§ 10. Двигатели	178
Таблица элементовъ наивыгоднѣйшей работы жи- выхъ двигателей	179
Паровые насосы	180
Вѣтряные двигатели	181
Колеса системы Галлодей, размѣры ихъ и про- изводительность	183
Тоже системы Эклипсъ	184
Двигатель Давыдова	186
Работа вѣтрянаго двигателя	187
Опредѣленіе продолжительности работы вѣтря- наго двигателя	192
Таблицы продолжительности работы вѣтрянаго двигателя для Николаевского городка, Оренбурга, Уральскаго лѣсничества, Малаго-Узенья, Валуйки, Царицына и Камышина	194
Установка вѣтрянаго двигателя	199

§ 11. Сравненіе разныхъ способовъ подъема воды	202
Таблица водоподъемниковъ съ указаніемъ высотъ подъема, количества воды и коефициента полез- наго дѣйствія	203
Выводы изъ сравненія разныхъ способовъ подъема воды	204

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Въ предлагаемомъ трудѣ собрано мною описаніе приспособленій для подъема воды, примѣняемыхъ въ инженерномъ дѣлѣ, въ разныхъ отрасляхъ промышленности и преимущественно въ земледѣліи. Поршневые насосы составляютъ въ настоящее время, безспорно, самыя совершенныя машины въ смыслѣ правильнаго и непрерывнаго подъема даннаго количества воды на значительную высоту. Однако, кромѣ этихъ насосовъ, существуетъ много другихъ приспособленій, удовлетворяющихъ нѣкоторымъ спеціальнымъ условіямъ, вызываемымъ разными потребностями, такъ напримѣръ, они должны служить или для періодическаго употребленія, не требуя большой движущей силы, или отличаться простотою и дешевизною устройства, или же служить для откачиванія громадныхъ объемовъ воды, при не большой высотѣ подъема и въ теченіе сравнительно незначительнаго промежутка времени. Поэтому сюда включены приборы, хотя и мало производительные, но отличающіеся примитивностью и дешевизною устройства, которые легко могутъ быть приготовлены въ деревнѣ руками простыхъ мастеровыхъ, плотника и кузнеца, какъ напримѣръ, лопатки, чигири, цѣпной насосъ и другіе.

Кромѣ того приведено описаніе болѣе сложныхъ и совершенныхъ машинъ, каковы водоподъемныя колеса и центробѣжныя насосы, а также гидравлическій таранъ, заслуживающій вниманія, потому что, по

своимъ качествамъ, онъ могъ бы пріобрѣсти распространеніе при деревенскомъ водоснабженіи.

Статья о поршневыхъ насосахъ, по причинѣ ихъ многочисленности и разнообразія, обнимаетъ лишь теорію всасывающаго и нагнетательнаго насоса, общія свѣдѣнія о существующихъ системахъ помпъ, ихъ наиболѣе типичныя составныя части и описаніе нѣсколькихъ болѣе распространенныхъ насосовъ.

Теорію и устройство инжекторовъ и пульзометровъ находимъ въ другихъ сочиненіяхъ русской технической литературы.

Въ третьей главѣ, заключающей свѣдѣнія о разнаго рода двигателяхъ, примѣняемыхъ приводоподъемѣ, главное вниманіе посвящено вѣтрянымъ двигателямъ, и, въ связи съ послѣдними, показано въ таблицахъ время для семи мѣстъ востока и юго-востока Европейской Россіи, въ продолженіе котораго возможно съ достаточною для практики вѣроятностью, рассчитывать на работу этого рода двигателей.

Въ текстѣ помѣщено 114 рисунковъ и чертежей, поясняющихъ описываемые предметы.

М. Рытель.

С.-Петербургъ, 1899 года.

Источники.

Belidor. Architectura hydraulica 1764.

Barais. Irrigation en Egypte 1887.

Berthot. Traité de l'élevation des eaux 1893.

Eytelwein. Handbuch der mechanik 1823.

Евневичъ. Курсъ гидравлики 1891.

Hartmann. Die Pumpen 1889.

Génie Civil 1886—1892.

Лѣтописи главной физической обсерваторіи за время 1882—1897.

Morin. De machines et appareils destinées á l'élevation des eaux.

Practische (der) Maschinen Constructeur 1878—1894.

Ronna. Les irrigations т. 1. 1888.

Труды Императорскаго вольно-экономическаго Общества 1886.

Zeitschrift des Architekten und Ingenieuren-Vereiu zu Hannover 1886—1892.

Вступленіе.

Заботы человѣка устроить приспособленія для подъема воды встрѣчаемъ въ памятникахъ глубокой старины. Самый простой приборъ: кожаный мѣшокъ, ведро, или вообще сосудъ изъ непроницаемаго для воды вещества были зародышемъ цѣлой категоріи и нынѣ употребляемыхъ механизмовъ. Чтобы выиграть въ силѣ и въ времени стали примѣнять блокъ, получившій широкое распространеніе во времена Птолемеевъ, и извѣстный египтянамъ еще во времена фараоновъ.

Слѣдующимъ успѣхомъ, въ развитіи механизмовъ для подъема воды, можно назвать примѣненіе горизонтальнаго вала, черезъ который перекинута цѣпь или веревка безъ конца, снабженная двумя или нѣсколькими ковшами. Такого рода приспособленіе было устроено въ Каирѣ, въ древнемъ колодцѣ Іосифа, имѣющемъ около 300 фут. глубины ¹⁾. Преимущества этого приспособленія, позволяющія поднимать воду на значительную высоту, въ сравнительно небольшой промежутокъ времени, обезпечили ему широкое примѣненіе, между прочимъ, въ верхнемъ Египтѣ, для цѣлей орошенія. Большой величины эти машины строились въ Абиссиніи; впоследствии, во времена римскаго владычества, онѣ встрѣчаются въ Испаніи, Галліи и Британіи.

Дальнѣйшимъ усовершенствованіемъ слѣдуетъ признать примѣненіе ворота, знакомаго, по свидѣтельству Плинія,

¹⁾ По всей вѣроятности существовали такія же приспособленія, для получения воды изъ находящагося въ Палестинѣ 35 столѣтій, близъ Сихемъ, колодца патріарха Іакова (глубиною около 105 фут.), а также изъ колодца Земземъ въ Меккѣ (56 футовъ).

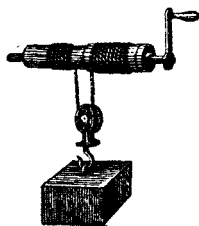
римлянамъ; при этой машинѣ, какъ извѣстно, съ увеличеніемъ длины плеча возможно уменьшеніе усилія, прилагаемаго для подъема груза. Китайцы горизонтальный валъ дѣлали составнымъ изъ двухъ частей разнаго діаметра ¹⁾).

На равнинахъ Евфрата, Ганга и Нила народились черпаки, лопатки и журавли, которые весь древній міръ примѣнялъ для цѣлей орошенія. Геродотъ упоминаетъ объ употребленіи журавлей въ Персіи, Аристотель описываетъ ихъ устройство въ Греціи. Съ устройствомъ болѣе сложныхъ машинъ и ихъ употребленіемъ, какъ напр. колесо тимпанъ, архимедовъ винтъ, машина Ктезибуса и проч., знакомить насъ Витрувій. Колесо тимпанъ, изобрѣтено, по всей вѣроятности, въ цвѣтущую эпоху римскаго государства, затѣмъ оно распространялось по Европѣ, и, въ XVII томъ столѣтіи, французскій ученый Лафе (Lafaye) почти совершенно измѣнилъ внутреннее устройство этого колеса. Видоизмѣненное колесо часто примѣнялось, при осушеніи приморскихъ низменностей.

Колесо съ наглухо прикрѣпленными черпаками, подробно описываемое Витрувіемъ, было точно также извѣстно въ Греціи и въ Испаніи, въ Азіи и въ Египтѣ. Чтобы устранить недостатокъ колеса, состоящій въ преждевременномъ

¹⁾ Дифференціальный, или китайскій воротъ состоитъ въ слѣдующемъ: поднимаемый грузъ Q подвѣшенъ къ холостому (т. е. свободно вращающемуся) блоку c . Веревка однимъ концомъ наматывается на болѣе толстую часть вала, діаметромъ D , и, одновременно, отматывается изъ болѣе тонкой части вала діаметромъ d . Горизонтальная ось AB лежитъ на подшипникахъ; къ концу A придѣлана рукоятка, на которую дѣйствуетъ сила P .

Черт. 1.



Называя чрезъ a длину плеча рукоятки, (черт. 1) видимъ, что въ то время, когда, въ теченіи одного оборота, точка приложенія силы P проходитъ путь $2\pi a$, грузъ Q будетъ поднятъ на πD , и одновременно опущенъ на πd , такъ, что высота подъема равна $\pi(D - d)$ и слѣдовательно можемъ написать:

$$2\pi \cdot a \cdot P = \pi D \cdot \frac{Q}{2} - \pi d \cdot \frac{Q}{2}$$

откуда

$$P = \frac{D - d}{2a} \cdot \frac{Q}{2}$$

отсюда видимъ, что при данномъ грузѣ Q можемъ приложить тѣмъ меньшее усиліе P чѣмъ меньше разность діаметровъ вала $D - d$.

выливаніи воды изъ ковшей, римляне придумали подвѣшиваніе этихъ сосудовъ качающимися на горизонтальной оси.

Затѣмъ, по типу мельничныхъ колесъ, стали строить колеса для подъема воды, состоящія изъ барабана на горизонтальной оси; къ его поверхности прикрѣпляли плоскія или криволинейныя лопатки, для перетаскиванія воды на нѣкоторую высоту. Потомъ вмѣсто глухой поверхности барабана съ лопатками, строили колеса съ плоскими, широкими, перьями, системы Сажебиенъ (Sagebien), примѣняемыя и въ настоящее время.

Въ древности былъ изобрѣтенъ архимедовъ винтъ, приборъ, который, до послѣдняго времени отдавалъ большія услуги при разнообразныхъ обстоятельствахъ. Первоначальный видъ архимедова винта, т. е. металлическая трубка, обхватывающая, по винтовой линіи, цилиндрическую поверхность, около половины XVIII столѣтія, навела на устройство спиральнаго насоса, который примѣнялся на рудникахъ въ Подмосковномъ раіонѣ.

Попытку устроить приборъ, основанный на давленіи воздуха, т. е. насосъ, встрѣчаемъ во второмъ столѣтіи до Р. Х. у Ктезибуса, математика александрійской школы, и у его ученика Герона. Но, собственно говоря, лишь въ XVII столѣтіи, съ временъ Торичелли, опредѣлившаго законы давленія воздуха, стали раціонально изготовлять насосы, дѣлая ихъ затѣмъ съ двумя цилиндрами, двойнаго дѣйствія и съ нырниками.

Точно также занимала людей мысль замѣны поступательнаго движенія вращательнымъ, для той же цѣли поднятія воды. На принципѣ центробѣжной силы, въ минувшемъ столѣтіи, какъ ниже увидимъ, были сдѣланы приборы, отъ которыхъ, путемъ разныхъ переустройствъ и усовершенствованій, дошли до нынѣшняго центробѣжнаго насоса. Аппольдъ, на лондонской выставкѣ 1851 года, впервые обратилъ на себя вниманіе своимъ центробѣжнымъ насосомъ; съ тѣхъ поръ этотъ насосъ сталъ постепенно входить въ всеобщее употребленіе, въ особенности для подъема громадныхъ объемовъ воды, въ теченіи небольшого промежутка времени и, при сравнительно малой высотѣ подъема.

Кромѣ перечисленнаго, для подъема воды изъ глубо-

кихъ рудниковъ, изобрѣтены, въ первой половинѣ минувшаго столѣтія, водостолбовыя машины, значительно усовершенствованныя въ нынѣшнемъ столѣтіи; къ изобрѣтеніямъ нашего вѣка принадлежатъ инжекторъ и пульзометръ.

Наконецъ изъ числа самыхъ разнообразныхъ приборовъ, устраиваемыхъ для той же цѣли, слѣдуетъ упомянуть о гидравлическомъ таранѣ, приборѣ изобрѣтенномъ въ прошломъ столѣтіи; онъ по своимъ качествамъ, при нѣкоторыхъ условіяхъ, удобопримѣнимъ для деревенскаго водоснабженія.

Приборы и машины для подъема воды можно раздѣлить на двѣ категоріи:

- 1) приборы и машины, въ которыхъ жидкость поднимается, такъ сказать, безъ участія давленія воздуха.
- 2) машины, при которыхъ давленіе воздуха имѣетъ существенное значеніе.

Отличительную черту машинъ первой категоріи составляетъ отсутствіе трубъ; здѣсь вода посредствомъ разнообразныхъ сосудовъ или лопатокъ, составляющихъ части машинъ, поднимается на требуемую высоту. Къ этой категоріи причисляемъ:

- а) простые приборы, а именно: ведро, бадья, черпакъ, корзина, качающаяся лопатка и машина Мореля,
- б) чигирь и норія,
- в) разнаго рода водоподъемныя колеса,
- г) архимедовъ винтъ,
- д) цѣпной насосъ, спиральный насосъ,

Изъ машинъ, относящихся къ второй категоріи, т. е. такихъ, въ которыхъ давленіе воздуха составляетъ существенное значеніе приводимъ слѣдующія:

- а) центробѣжныя насосы,
 - б) гидравлическій таранъ,
 - в) поршневые насосы.
-

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Подъемъ воды въ сосудахъ.

§ 1. Простые приборы.

Сюда принадлежать общеупотребительныя средства для подъема воды, а именно: ведро, бадья и пр., изготовляемые изъ непроницаемыхъ для воды матеріаловъ такимъ образомъ, чтобы вѣсъ сосуда былъ незначителенъ сравнительно съ вѣсомъ вмѣщаемой въ немъ воды. При постоянномъ употребленіи отдають предпочтеніе сосудамъ изъ болѣе прочныхъ матеріаловъ, а именно металлическимъ.

Наиболѣе простымъ средствомъ служить ведро, разнообразно примѣняемое, въ зависимости отъ высоты подъема. При высотѣ, не превосходящей 4 фута, человѣкъ погружаетъ руками ведро въ воду и наполненное поднимаетъ на требуемую высоту, производя механическую работу, которая, на основаніи многочисленныхъ опытовъ, оказывается наиболѣе производительною при условіи, чтобы рабочій стоялъ по колѣна въ водѣ. Обыкновенно ведро, наполненное водою, вѣситъ около 30 фунтовъ и въ теченіи одной минуты оно можетъ быть 15 разъ погружено въ воду и наполнено, такъ что при высотѣ подъема равной 4 футамъ, полезная работа одного человѣка въ секунду составляетъ 0.75 пудофутовъ.

Рабочій день принимается равнымъ восьми часамъ, въ теченіи коихъ, считая остановки и отдыхъ, возможно поднять около 3.000 ведеръ, т. е. произвести полезную работу равную 9.000 пудофутовъ.

Если высота подъема превосходитъ 4 фута, то работа одного человѣка ведромъ становится менѣ производительною и, въ такихъ случаяхъ, высоту подъема раздѣляютъ на два яруса: нижестоящій рабочій передаетъ ведро съ водою вышестоящему. Такимъ образомъ поднимають воду на высоту до 8 футовъ. Точно также ручка, придѣланная къ ведру или черпаку даетъ возможность доставать воду изъ глубинъ превосходящихъ 4 фута; прикрѣпленіе ручки бываетъ на глухо или же, шарнирное въ послѣднемъ случаѣ при подъемѣ черпакъ всегда находится въ отвѣсномъ положеніи.

Соединяя ведро съ общеупотребительнымъ журавлемъ, помощью веревки, цѣпи или шеста, имѣемъ, возможность подавать воду на высоту отъ 10 до 21 футовъ. При этомъ (черт. 2) веревка прикрѣпляется къ болѣе длинному плечу коромысла, короткое снабжается противовѣсомъ. Размѣры противовѣса опредѣляются слѣдующимъ образомъ:

Называя чрезъ

P вѣсъ поднимаемый воды,

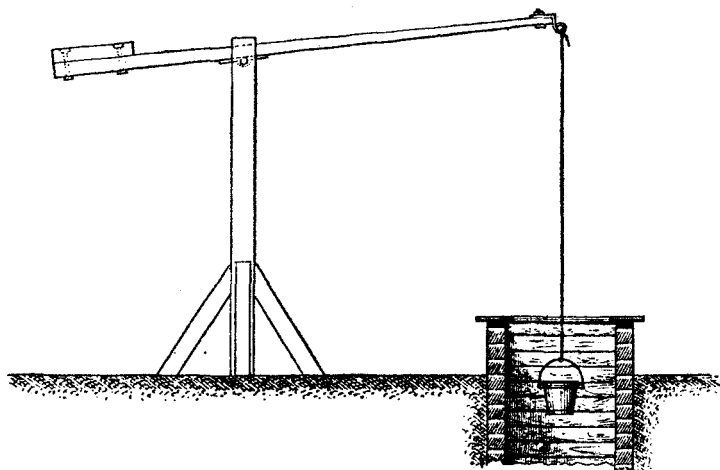
p вѣсъ ведра,

R длину плеча коромысла со стороны ведра,

X опредѣляемый противовѣсъ,

R_1 длину плеча коромысла со стороны противовѣса,

Черт. 2.



F усиліе, прилагаемое къ веревкѣ при опусканіи ведра,

F_1 усиліе, прилагаемое при подъемѣ наполненнаго ведра, уравненіе равновѣсія при опусканіи будетъ

$$XR_1 = (F + p) R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

и при подъемѣ:

$$XR_1 = (P + p - F_1) R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

откуда

$$F = P - F_1$$

Полагая, что усиліе, прилагаемое къ веревкѣ при подъемѣ ведра, должно быть равно половинѣ усилія при его опусканіи,

т. е. $F_1 = \frac{1}{2} F$ и, подставляя въ послѣднее уравненіе получимъ

$$F = \frac{2}{3} P.$$

и слѣдовательно уравненіе (1) будетъ

$$XR_1 = (\frac{2}{3} P + p) R$$

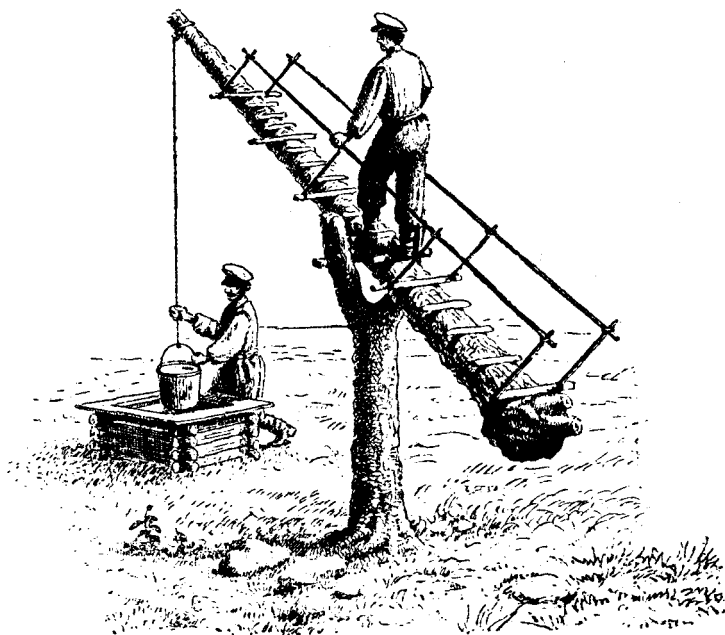
откуда

$$X = \frac{2P + 3p}{3} \cdot \frac{R}{R_1}.$$

При этомъ не принято во вниманіе треніе, которое впрочемъ имѣетъ мало вліянія въ данномъ случаѣ.

Одинъ рабочій поднимаетъ, на высоту $3\frac{1}{4}$ фут. (около

Черт. 3.



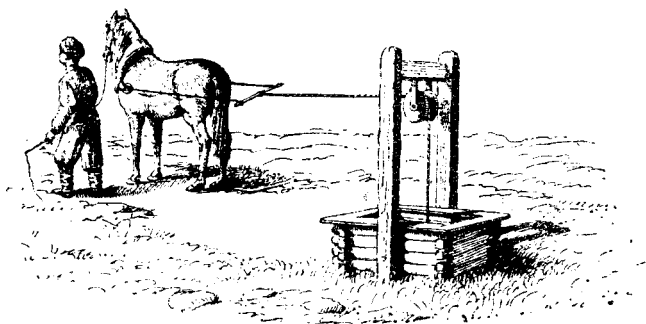
одного метра), въ теченіи восьми часовъ, до 4.800 ведеръ; коэффициентъ полезнаго дѣйствія 0.345.

Иногда рабочій собственною тяжестью производитъ качаніе журавля (черт. 3). Если высота подъема не превосходитъ 10 фут., то двое рабочихъ въ теченіи дня могутъ оросить до полудесятины. Изъ многочисленныхъ наблюденій оказывается, что механическая работа при этомъ

составляетъ, въ среднемъ 66 пудофутовъ въ секунду, между тѣмъ какъ поднимая воду на ту-же высоту, помощью ворота, механическая работа одного человѣка не превосходитъ 43 пудофутовъ, такъ, что при употребленіи журавля, подобнаго устройства, напряженіе мускуловъ рабочаго утилизируется болѣе цѣлесообразно.

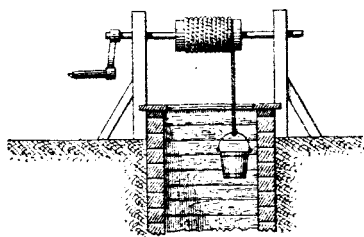
Вытаскиваніе воды изъ глубокнхъ колодцевъ совершается иногда въ открытыхъ мѣстностяхъ посредствомъ бадьи съ веревкою (черт. 4) перекинутою черезъ блокъ; къ другому концу веревки впрягаютъ какое либо изъ имѣющихся домашнихъ животныхъ. Такой способъ позволяетъ примѣнять бадьи болѣе значительныхъ размѣровъ, и нерѣдко въ степяхъ употребляютъ для этого кожаные мѣшки емкостью отъ 3 до 5 ведеръ.

Черт. 4.



Кромѣ того для той-же цѣли служить воротъ, т. е. горизонтальный валъ, къ которому однимъ концомъ прикрѣ-

Черт. 5.

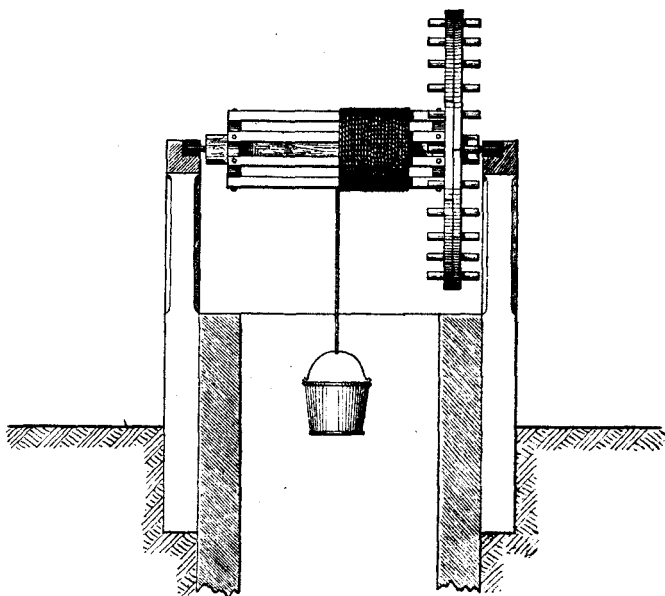


пляется веревка, а къ другому подвѣшено ведро или бадья (черт. 5). Если глубина колодца незначительна, то при этомъ способѣ теряется много времени на наполненіе и опоражниваніе сосуда, при большихъ же глубинахъ теряется отъ 10 до 15⁰/₁₀ воды отъ качанія бадьи.

Воротъ приводится въ движеніе посредствомъ рукоятки, или же для этой цѣли устраиваютъ прикрѣпленное къ валу вертикальное деревянное колесо (черт. 6) или же наконецъ прибѣгаютъ къ примѣненію передачи посредствомъ зубчатыхъ колесъ.

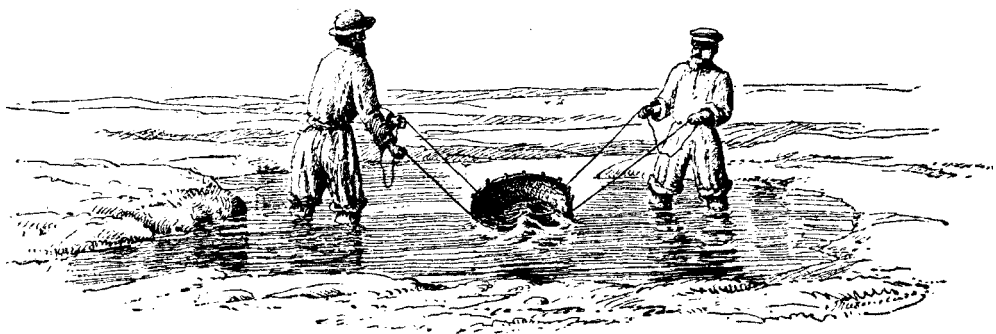
При обыкновенномъ воротѣ съ двумя бадьями изъ коихъ одна поднимается въ то время какъ другая опускается, механическая работа, одного рабочаго въ теченіи 8 часовъ при рукояткѣ, составляетъ 32 пудофутовъ.

Черт. 6.



Наконецъ необходимо упомянуть о корзинахъ внутри выложенныхъ кожею, или просто смазанныхъ глиною. Такія

Черт. 7.

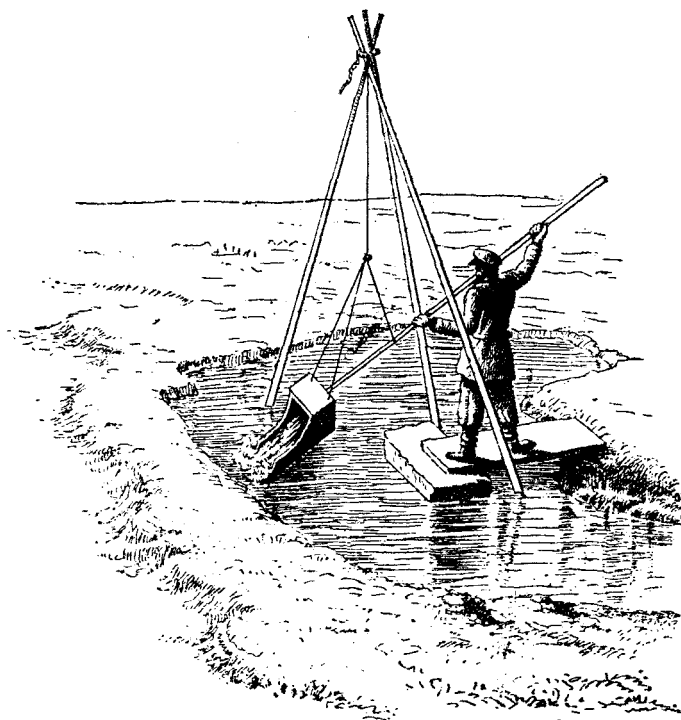


корзины въ большомъ употребленіи въ Египтѣ для орошенія огородовъ, если высота подъема не больше $1\frac{1}{2}$ до 3 футовъ; (черт. 7); діаметръ корзины обыкновенно 16 дюймовъ,

и ея глубина 10 дюймовъ. Двое рабочихъ въ одинъ часъ времени переливаютъ такимъ образомъ отъ 300 до 400 ведеръ воды.

Вторую категорию простыхъ приборовъ составляютъ лопатки и черпаки т. е. плоскія или вогнутыя поверхности, снабженныя рукою извѣстной длины обыкновенно отъ 3 до 5 футовъ. Лопатки и черпаки изготовляются де-

Черт. 8.

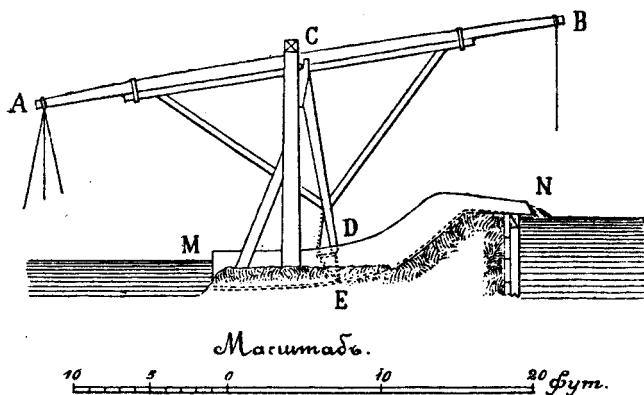


ревянные или металлическіе. Рабочій приводитъ лопатку въ такую скорость, при которой, вода перекачивается на высоту до 3 футовъ и на разстояніе до 6 футовъ.

Иногда черпакъ подвѣшиваютъ къ деревянному треногу (черт. 8), имѣющему отъ 7 до 9 фут. высоты и устанавливаемому въ разстояніи 6 фут. отъ сливнаго желоба. Обыкновенно черпакъ бываетъ слѣдующихъ размѣровъ: длина отъ 20 до 24 дюймовъ, ширина отъ 10 до 12 дюймовъ и глубина отъ 8 до 12 дюйм. При немъ находится одинъ рабо-

чий, погружающій черпакъ въ воду и переливающій ее затѣмъ на противоположную сторону, или-же при работѣ находится трое: двое тянуть быстро чрезъ воду черпакъ при помощи веревки, и третій направляетъ ручку. Такимъ образомъ въ минуту можно сдѣлать 28 качаній, и такъ какъ въ одно качаніе перекидывается до 60 фунтовъ воды на высоту

Черт. 9.



4 до 5 футовъ, то полезная работа въ одну секунду составляетъ отъ 2,6 до 3,4 пудофутовъ.

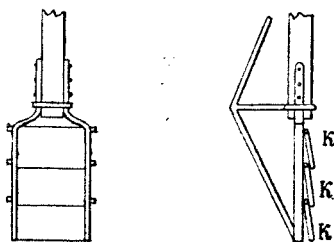
Коефициентъ полезнаго дѣйствія составляетъ:

для лопатокъ въ рукахъ рабочаго. . . . 0,275.

для подвѣсныхъ черпаковъ 0,69.

Качающаяся лопатка. Къ числу простыхъ приборовъ относимъ качающуюся лопатку, т. е. механизмъ слѣдующаго устройства: къ деревянной балкѣ *AB*, (черт. 9), качающейся на горизонтальной оси *C*, перпендикулярно прикрѣпленъ брусокъ *CD*; съ его нижнимъ концомъ соединена желѣзная лопатка *DE*. Эта лопатка (черт. 10) состоитъ изъ желѣзной рамы, вышиною 2 фута, шириною $1\frac{1}{2}$ фута, закрываемой тремя деревянными клапанами *k, k, k*, вращающимися на горизонтальной оси. Желѣзная рама посредствомъ

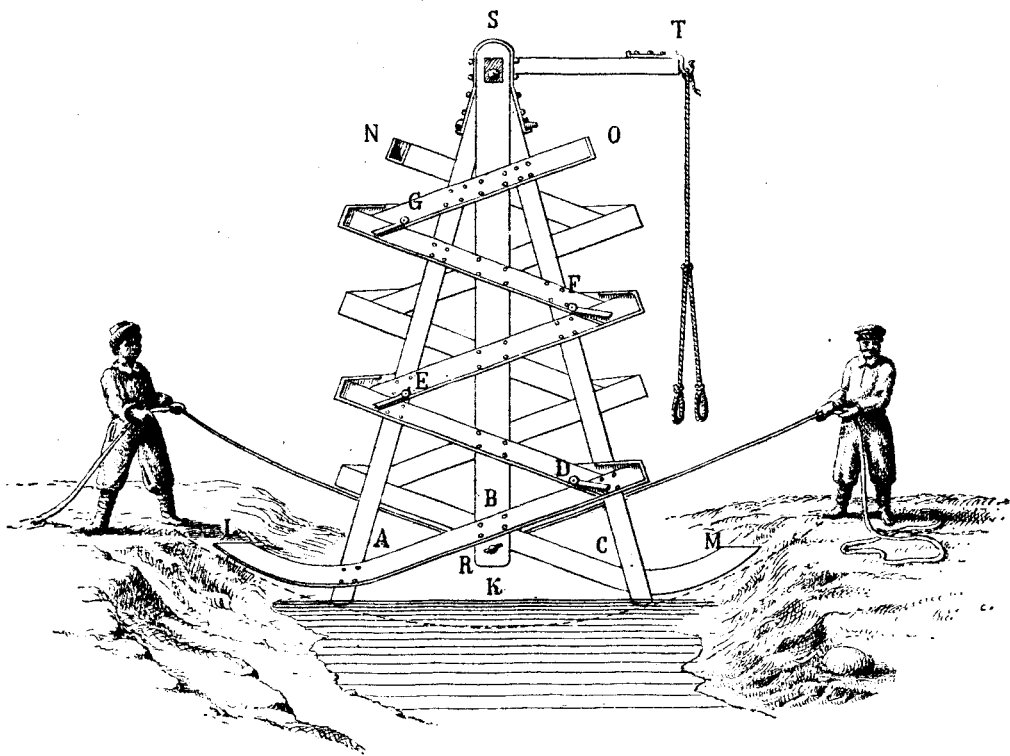
Черт. 10.



Желѣзная рама посредствомъ

болтовъ и хомутовъ прикрѣплена къ бруску *CD*; клапаны въ закрытомъ положеніи отчасти перекрываютъ другъ друга, При движеніи лопатки по направленію перекачиванія воды т. е. отъ *E* къ *N*, клапаны закрыты и лопатка закрываетъ деревянный желобъ *MN*, въ которомъ она качается; при движеніи въ обратномъ направленіи клапаны открываются, пересѣкая воду, наполнившую желобъ.

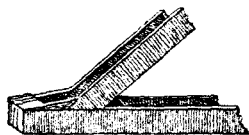
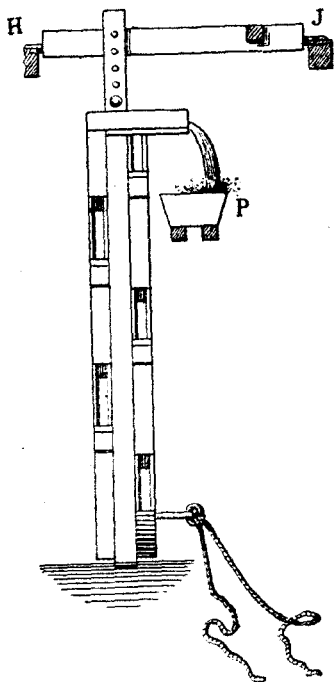
Черт. 11.



Лопатка съ балкою *AB* устанавливается между двумя зарытыми въ землю столбами, соединенными наверху насадкою; такой механизмъ съ успѣхомъ былъ примѣненъ въ Эмсѣ при гидротехническихъ сооруженіяхъ, на рѣкѣ того-же названія. Высота перекачиванія колеблется отъ 3 до 4 футовъ, и, если въ нижнемъ резервуарѣ вода находится на постоянномъ уровнѣ, то при одномъ качаніи выбрасывается до 7 куб. фут. воды. Въ минуту при 4 до 6 рабочихъ бываетъ отъ 10 до 12 качаній.

Машина Мореля. Чтобы перекачивать воду на высоту от 12 до 15 футовъ, Морель предложилъ машину, изображенную на черт. 11 и 12. Она состоитъ изъ, зигзагообразно расположенныхъ въ вертикальной плоскости, деревянныхъ желобовъ, прикрѣпленныхъ къ тремъ брускамъ *A*, *B* и *C*; каждый желобъ сдѣланъ изъ трехъ досокъ, и въ точкахъ соединенія помѣщены клапаны *D*, *E*, *F* и *G*, открывающіеся для впуска воды изъ одного желоба въ смежный выше лежащій. Желобы расположены въ два ряда, по обѣ стороны брусковъ *A*, *B* и *C*, которые наверху соединены съ деревяннымъ горизонтальнымъ валомъ *HI*. (черт. 12).

Черт. 12.



Изъ водопріемника *K*, при качаніи этого механизма, вода попеременно зачерпывается нижними концами желобовъ *L*, *M*, по которымъ, при непрерывномъ качаніи, передвигается къ верху и чрезъ отверстія *N*, *O* вытекаетъ въ лотокъ *P* (ч. 12). Надъ каждымъ изъ клапановъ устраивается на желобѣ деревянная крышка, чтобы избѣгнуть выплескиванія воды.

Для приведенія машины въ движеніе привязывается веревка къ кольцу *R*, укрѣпленному въ нижній желобъ или же для этой цѣли служить рычагъ *ST*, прикрѣпленный къ валу *HI*. Деревянный желобъ, устраивается обыкновенно изъ досокъ, размѣровъ: ширина 8 дюймовъ и глубина 9 дюймовъ.

Этотъ приборъ въ одно качаніе зачерпываетъ около 1,25 куб. фут. воды; въ минуту возможно сдѣлать 10 качаній, такъ, что въ теченіи одного часа времени зачерпы-

ваеѣ около 3.400 ведерѣ. Онѣ требуетѣ много мѣста для установки и расшатываясь отѣ ударовѣ воды о клапаны и стѣнки желобовѣ, подвергается частымѣ поврежденіямѣ, такѣ, что въ настоящее время не примѣняется.

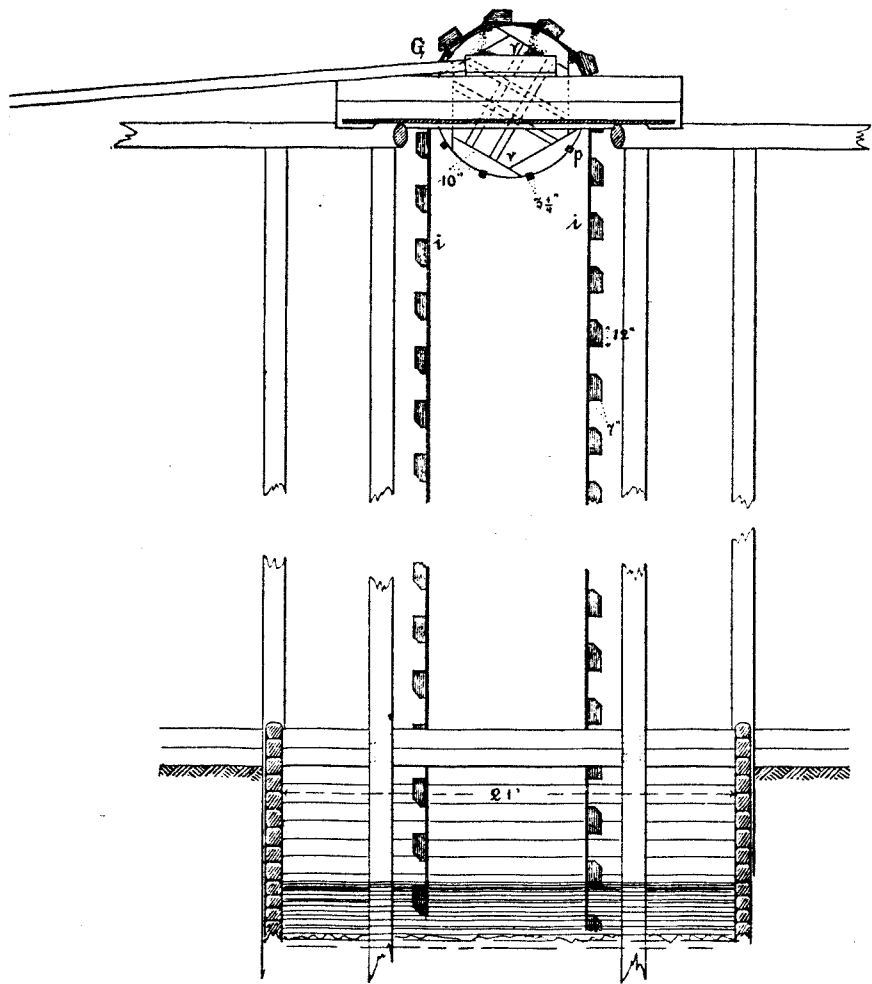
§ 2. Чигирь. Норія.

Подъемѣ воды на высоту до 80 футовѣ совершается посредствомѣ механизмовѣ извѣстныхѣ у насѣ подѣ названіемѣ чигиря и норіи въ другихѣ странахѣ. По существу устройство одного и другого одинаково: чигирь или норія состоитѣ изѣ вертикальнаго барабана черт. 13, съ коего окружности свѣшиваются черпаки, или непосредственно между собою соединенные, или же прикрѣпленные къ канату или цѣпи. Барабанѣ соединяется обыкновенно съ горизонтальнымѣ валомѣ, черпаки съ канатомѣ образуютѣ цѣпь безѣ конца, такѣ, что, при вращеніи барабана, происходитѣ перемѣщеніе черпаковѣ: опускающіеся внизѣ зачерпываютѣ воду изѣ водопріемника, и поднимающіеся вверхѣ, достигнувѣ нѣкоторой точки, выше оси барабана, выливаютѣ воду въ лотокѣ или въ желобѣ.

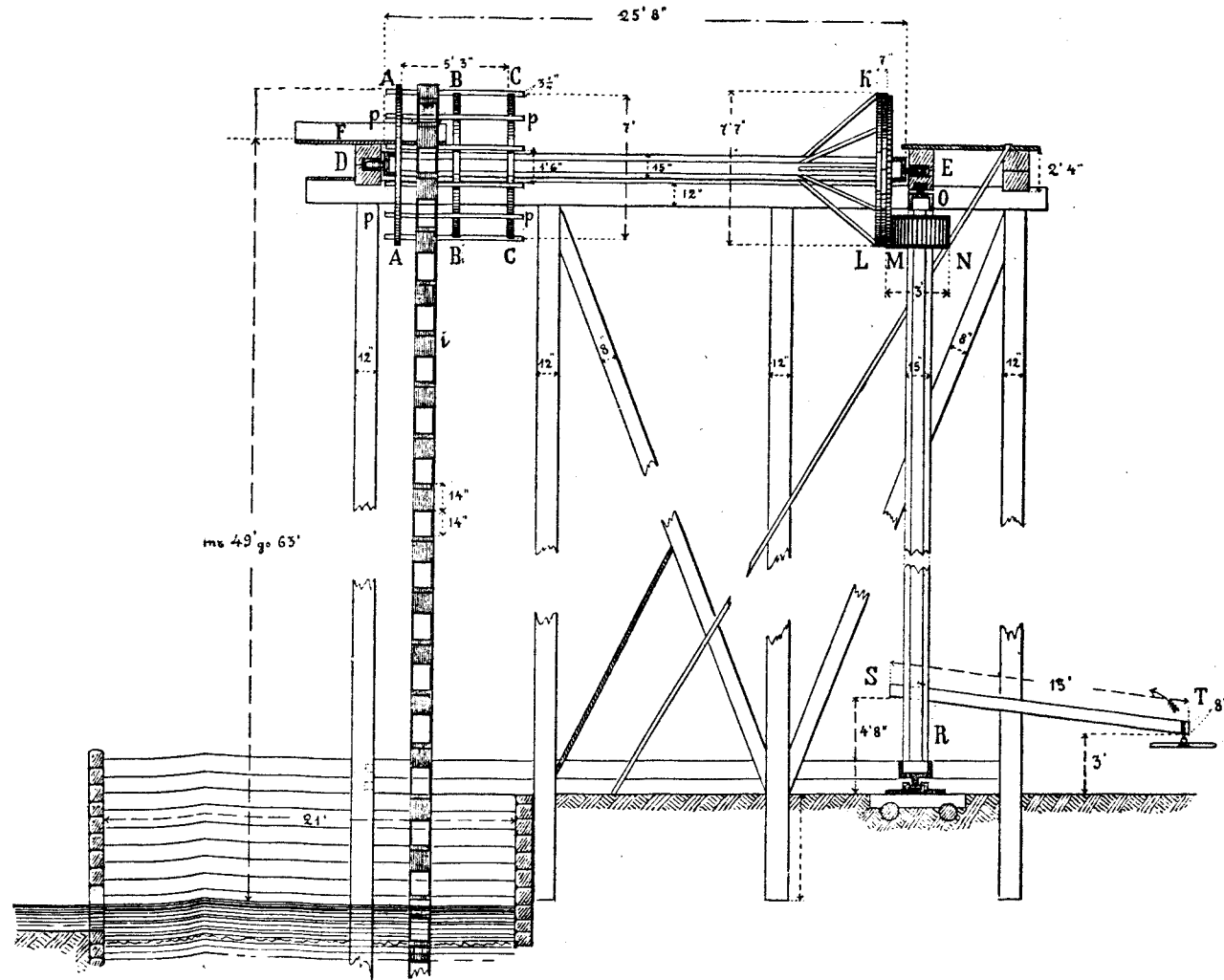
Чигири бываютѣ деревянные и металлическіе. Деревянные чигири общеупотребительны въ степной полосѣ Юга Россіи; металлические чигири, извѣстные подѣ названіемѣ норій, изготовляются и примѣняются, большею частью въ другихѣ странахѣ.

А. Чигирь состоитѣ изѣ деревяннаго барабана *AC* черт. 13 и 14, соединеннаго съ горизонтальнымѣ валомѣ *DE*. Барабанѣ *AC* устроенѣ изѣ трехѣ ободьевѣ *AA*, *BB* и *CC*. Ободья *BB* и *CC*, обыкновенно изѣ сосновыхѣ досокѣ, соединены съ валомѣ посредствомѣ деревянныхѣ ручекѣ *rr* черт. 14; по окружности эти ободья связаны между собою, параллельно оси вала, периферическими ручками *pp*, имѣющими длину немного больше двойнаго разстоянія между ободьями. Къ концамѣ этихѣ послѣднихѣ ручекѣ прикрѣпленѣ третій ободѣ *AA*. На поверхности барабана, между ободами *AA* и *BB* помѣщаютѣ одинѣ или два

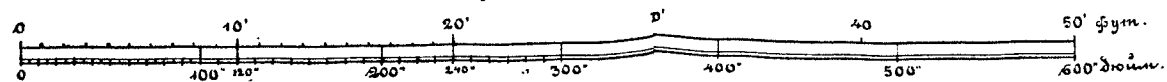
Черт. 13.



Черт. 14.



Масштаб: $\frac{1}{100}$ натуральной величины: 100 дюйм. в 1 англ. дюйма.



каната, образующіе цѣпь безъ конца; къ канату прикрѣпляютъ жестяные черпаки *i i*.

Между ободомъ *AA* и валомъ *DE* соединенія посредствомъ ручекъ неимѣется, такъ, что лотокъ *F*, устроенный надъ валомъ и внутри части барабана *AB*, не мѣшаетъ свободному вращенію вала съ барабаномъ. При этомъ движеніи черпаки *i i*, поступая выше вала, выливаютъ воду въ лотокъ *F*, откуда она затѣмъ протекаетъ по желобу *GH*. Для того, чтобы канатъ съ черпаками не соскользнулъ съ барабана, ободъ *AA*, состоящій изъ досокъ, поставленныхъ на ребро и прикрѣпленныхъ къ *p p*, выступаетъ надъ поверхностью барабана, образуемою этими ручками. Жестяные черпаки связаны съ канатомъ проволокою, желѣзными крючками или же мелкими, желѣзными заклепками. Черпаки изготовляютъ изъ кровельнаго и лучше цинкованнаго желѣза. Канаты бываютъ пеньковые, или мочальные; послѣдніе особенно на Волгѣ.

На противоположномъ концѣ деревяннаго вала, т. е. близъ *E*, укрѣпляется кулачное колесо *KL*, зацѣпляющее кулаками за цѣвочную шестерню *MN*, помѣщаемую на вертикальномъ валѣ *OR*. Эти два колеса составляютъ приводъ, который, посредствомъ водила, приводится въ движеніе какимъ нибудь домашнимъ животнымъ. Кулачное колесо составлено изъ двухъ рядовъ досчатыхъ косяковъ сосновыхъ или же сосноваго и березоваго; толщина этихъ двухъ рядовъ бываетъ отъ 7 до 8 дюймовъ.

Горизонтальный валъ своими желѣзными или чугуными цапфами лежитъ на подшипникахъ, укрѣпленныхъ въ толстыхъ балкахъ, которыя связаны съ прогонами, соединяющими деревянные стойки. Высота этихъ послѣднихъ зависитъ отъ той высоты на которую желаютъ поднимать воду.

Описанное устройство помѣщается иногда подъ навѣсомъ, или въ закрытыхъ сараяхъ, чтобы сохранить чигирь отъ атмосферическихъ вліяній.

Размѣры главныхъ составныхъ частей чигиря бываютъ слѣдующіе:

Диаметръ барабана отъ 7 футовъ и до 14 фут., въ за-

висимости отъ высоты подъема, количества и размѣровъ черпаковъ.

Ширина барабана отъ 5 до 6 фут.

Ширина $AB=BC$ отъ $2\frac{1}{2}$ до 3 »

Діаметръ кулачнаго колеса $7\frac{1}{2}$ »

Діаметръ цѣвочной шестерни 3 »

Ширина цѣвочной шестерни 18 дюйм.

Толщина кленовыхъ или березовыхъ кулаковъ около 2 дюйм.

Горизонтальный валъ длиною около 26 фут.

Толщина вала отъ 14 до 16 дюйм.

Вертикальный валъ бываетъ такой-же толщины.

Къ вертикальному валу на высотѣ $2\frac{1}{2}$ фут. отъ поверхности земли прикрѣплено водило.

Длина водила отъ 12 до 14 фут.

Свободный конецъ водила свѣшивается на 2 фут. 8 дюйм. надъ землею.

Толщина цапфы 3 дюйма.

Смоленный канатъ толщиною. 3 дюйма.

Жестяные черпаки, прямоугольнаго поперечнаго сѣченія, имѣютъ 12 дюймовъ длины, и 7 дюймовъ ширины; вышина передней стѣнки 12 дюймовъ. Вышина стѣнки, прилегающей къ канату 14 дюймовъ. Объемъ воды въ черпакѣ около 1,33 ведра, т. е. вѣсомъ немного больше 40 фунтовъ.

Разстояніе между черпаками 14 дюмовъ.

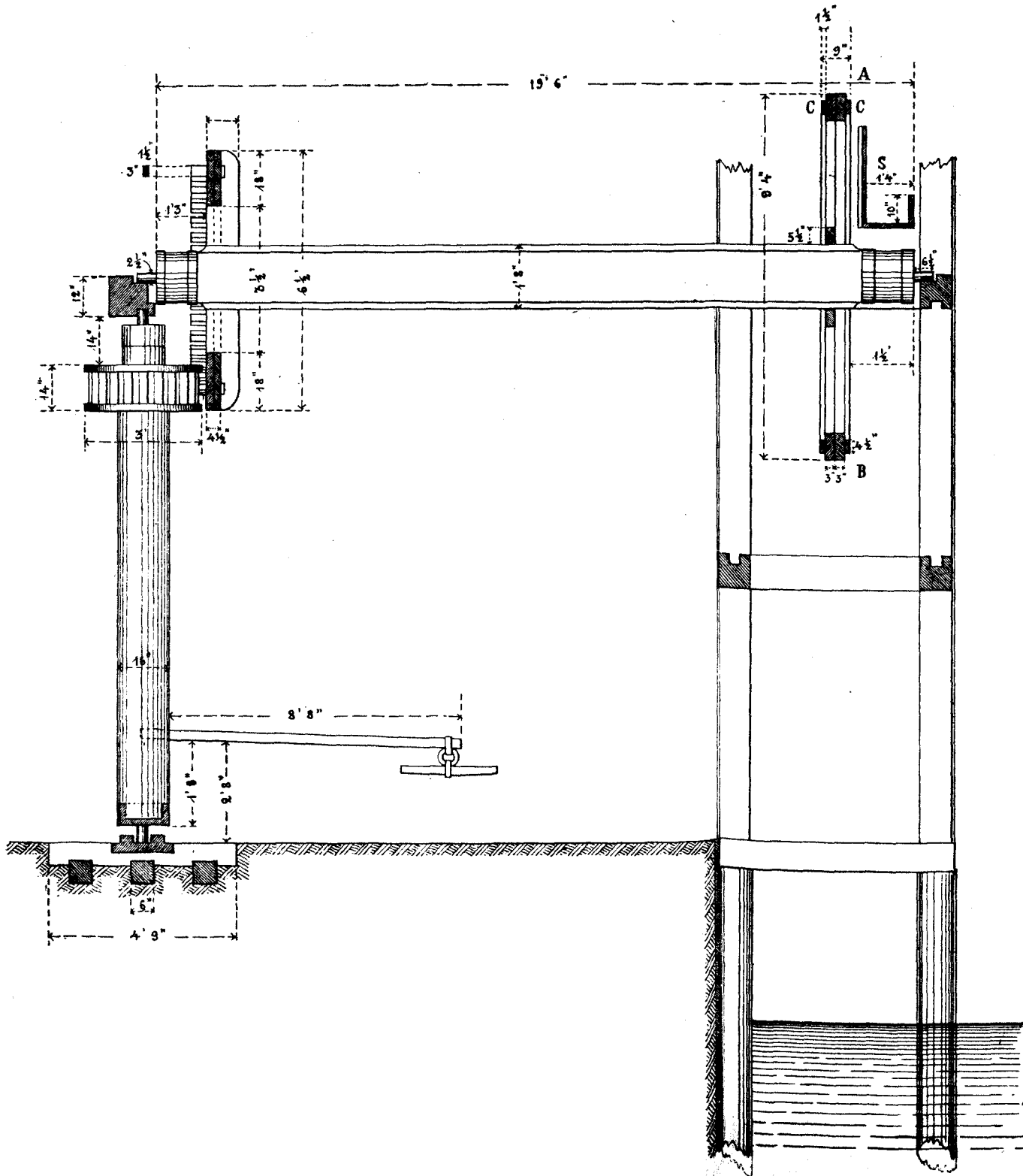
Число оборотовъ барабана въ минуту 1.

Въ одинъ часъ чигирь, при барабанѣ діаметромъ 7 фут., поднимаетъ воды около 750 ведеръ.

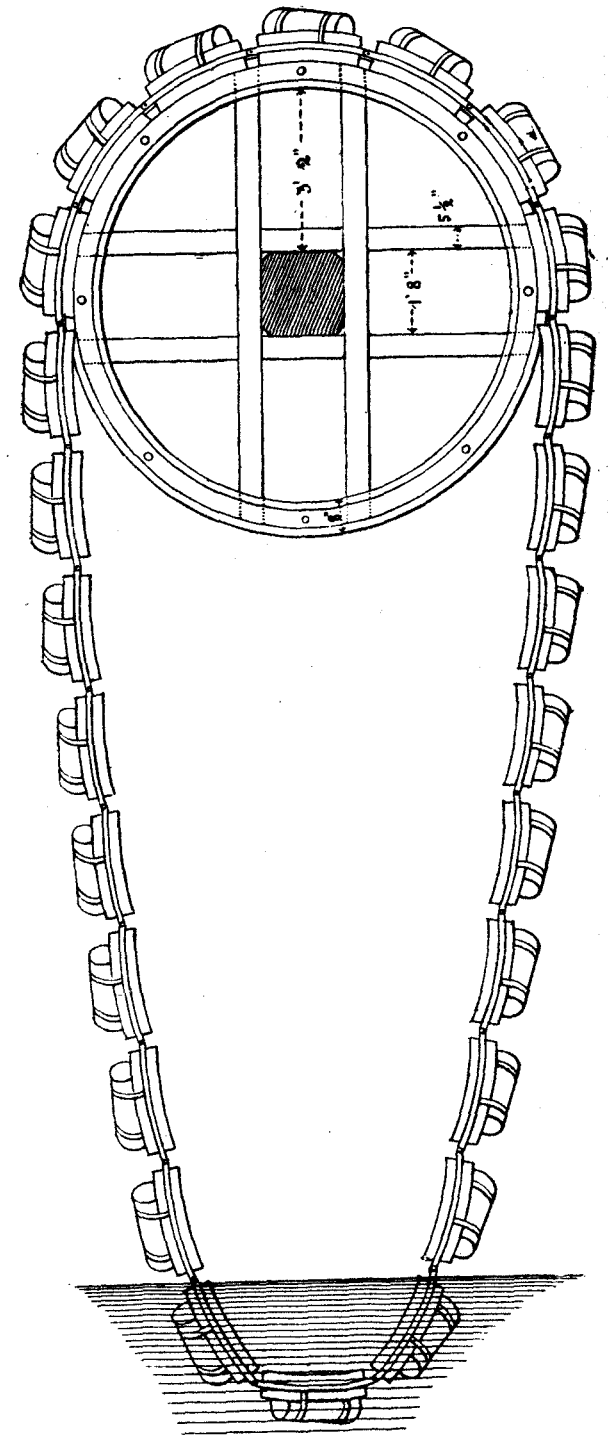
Для чигиря съ барабаномъ, котораго діаметръ составляетъ 14 фут., объемъ воды поднимаемой въ одинъ часъ около 1500 ведеръ.

Это количество воды поднимаютъ чигири новые и совершеннаго устройства. Принимая однако во вниманіе, потери отъ выплесканія воды изъ черпаковъ, отъ утечки чрезъ щели и разбрызгиваніе при опоражниваніи, а также несовершенное устройство обнаруживающееся иногда уже на второмъ году службы чигиря, необходимо считать, что объемъ воды поднимаемой чигиремъ въ одинъ часъ времени составляетъ отъ 375 до 750 ведеръ.

Черт. 15.



Черт. 16.



Въ употребленіи находятся чигири слѣдующихъ размѣровъ:

Діаметръ въ футахъ.			Разстояніе между черпа- ками дюй- мовъ.
Барабана.	Кулачнаго колеса.	Цѣвочной шестерни.	
6.75	4.67	2.35	10
7.00	7.50	3.00	14
9.00	7.75	3.67	34
9.33	8.00	5.30	38
14.50	7.50	6.00	44

Чигирь устанавливаютъ обыкновенно на материкѣ, вблизи пруда или рѣчки, или-же надъ колодцемъ. Въ первыхъ двухъ случаяхъ отъ водопріемника вырываютъ траншею, стѣнки коей укрѣплены досками и распорками; такое русло при-мыкаетъ къ деревянному срубу, надъ которымъ устанавли-ваютъ барабанъ на требуемой высотѣ.

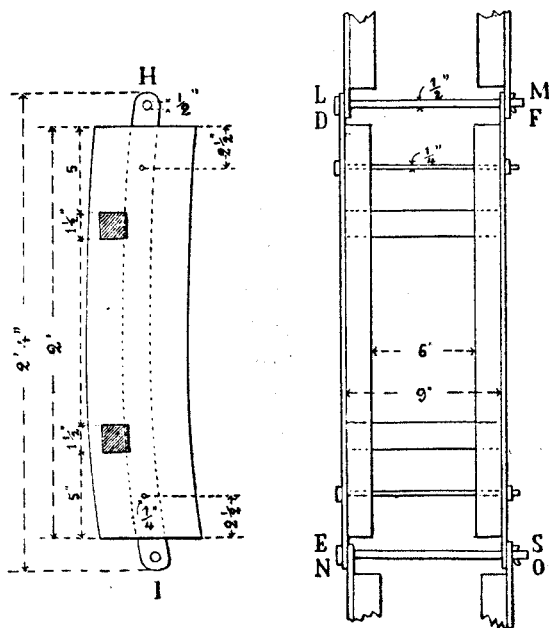
Стоимость механизма чигиря описаннаго устройства составляетъ около 300 руб.

Устройство основанія, т. е. стоекъ балокъ, и проч. со-ставляетъ около 150 руб.

Б. Въ Астраханской губ. для поливки фруктовыхъ са-довъ и виноградниковъ, при высотѣ подъема около 30 фут., употребляютъ деревянный чигирь, изображенный на черт. 15, 16, 17 и 18, отличающійся отъ только что опи-саннаго устройствомъ барабана и цѣпи съ черпаками. Барабанъ, діаметромъ 9 фут. 4 дюйма, изображаетъ деревянное колесо *AB*, состоящее изъ двухъ, вмѣстѣ сплоченныхъ, досча-тыхъ колесъ, каждое толщиною 3 дюйма и шириною 8 дюй-мовъ. Колесо соединено съ горизонтальнымъ валомъ посред-ствомъ восьми деревянныхъ ручекъ; кромѣ того къ ободу ко-леса, съ каждой стороны, прикрѣплено досчатое кольцо *CC*, діаметромъ 9 фут. (т. е. на 4 дюйма меньше діаметра глав-наго кольца) шириною 4½ дюйма и толщиною 1½ дюйма.

Эти послѣднія кольца поддерживаютъ цѣпь безъ конца. Звено цѣпи (черт. 17) состоитъ изъ двухъ кусковъ *DE* и *FG* сосновыхъ досокъ, каждый длиною 2 фута 4 дюйма, шириною 6 дюймовъ и толщиною $1\frac{1}{2}$ дюйма, связанныхъ между собою двумя брусками, толщиною $1\frac{1}{2}$ дюйма, такимъ образомъ, чтобы разстояніе между внутренними гранями *DE* и *FG* составляло $6\frac{1}{2}$ дюймовъ, т. е. было немного больше толщины двухъ внутреннихъ круговъ барабана *AB*. Соединеніе двухъ смежныхъ звень цѣпи устрое-

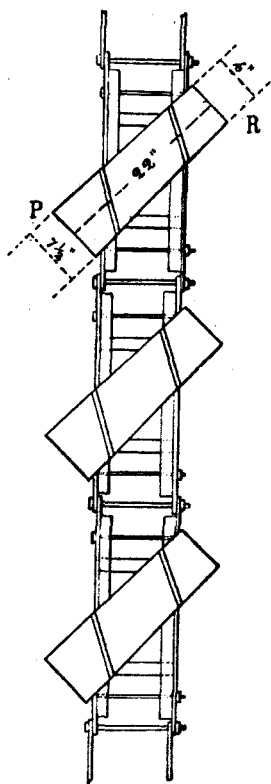
Черт. 17.



но помощью желѣзныхъ полосъ *HI*, связанныхъ съ досками помощью болтовъ; на концахъ въ полосахъ сдѣланы проушины, чрезъ которыя протыкаютъ болты *LM* и *NO*; болтъ, толщиною полъ дюйма, имѣетъ на одномъ концѣ головку, а на противоположномъ сдѣланъ прорѣзъ для чеки, чтобы измѣнить въ цѣпи число черпаковъ, по мѣрѣ увеличенія, или уменьшенія высоты подъема, вызываемаго колебаніями уровня воды въ водопріемникѣ. Къ доскамъ *DE* и *FG*, прикрѣп-

лень (черт. 18) жестяной черпакъ *PR* посредствомъ двухъ жестяныхъ обручей; черпакъ имѣеть форму усѣченного конуса, коего основаніе имѣеть $7\frac{1}{2}$ дюйм. въ діаметрѣ, при діаметрѣ верхняго основанія 6 дюймовъ; длина конуса 22 дюйма; объемъ около ведра. Часть поверхности конуса, прилегающая къ доскамъ, сдѣлана плоскою, и онъ прикрѣпленъ въ наклонномъ направленіи, выступая верхнимъ концомъ за цѣпь, чтобы успѣшнѣе выливать воду на верху (черт. 15 и 16) въ досчатое корыто *S*, помѣщенное надъ горизонтальнымъ валомъ.

Черт. 18.



Длина этого послѣдняго составляетъ $19\frac{1}{2}$ фут.; на другомъ концѣ вала находится кулачное колесо діаметромъ $6\frac{1}{2}$ фут., снабженное 40 кулаками, зацѣпляющими постепенно за цѣвки шестерни, коей діаметръ 3 фута, и число цѣвокъ 20. Шестерня находится на вертикальномъ валу, съ водиломъ внизу, размѣровъ показанныхъ на чертежѣ.

Черпаки, прикрѣпленные къ звенамъ цѣпи, въ положеніи указанномъ на чертежѣ 18, наполняются внизу водою на 0,73 своего полного объема, т. е. приблизительно 22 фунта воды; число черпаковъ бываетъ отъ 24 до 30.

Для того, чтобы наполненные водою черпаки не перетягивали цѣпи внизъ, вслѣдствіе недостаточнаго тренія цѣпи о барабанъ, его діаметръ долженъ быть соразмѣренъ съ величиною и числомъ черпаковъ и высотой подъема. Считаютъ, что для приведеннаго числа черпаковъ, діаметръ барабана не долженъ быть меньше 9 футовъ.

Барабанъ дѣлаеть въ одну минуту полтора оборота, предполагая, что въ приводѣ ходитъ лошадь.

Объемъ воды, поднимаемый въ часъ времени составляетъ около 800 ведеръ.

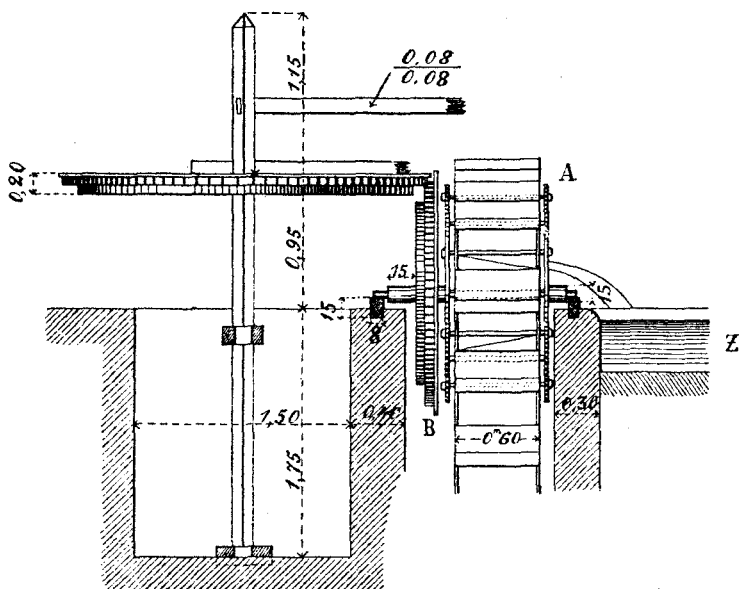
Однако, принимая во вниманіе соображенія высказанныя въ концѣ описанія чигиря перваго типа, это количество необходимо уменьшить вдвое, т. е. считать производительность чигиря 400 ведеръ въ часъ.

Срокъ службы такого механизма, помѣщенного въ крытомъ сараѣ, составляетъ 15 лѣтъ, но доски для цѣпи приходится мѣнять каждые 2 года.

Стоимость чигиря около 350 рублей, безъ сарая.

Во нѣкоторыхъ чигиряхъ жестяные черпаки замѣняютъ деревянными ящиками, по формѣ одинаковыми съ черпа-

Черт. 19.



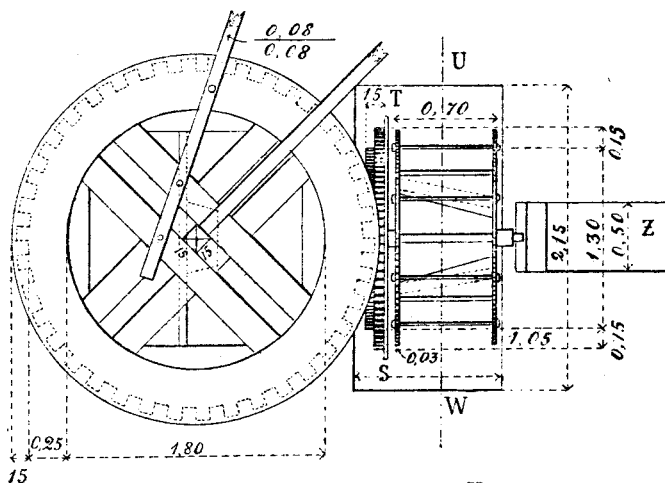
ками изображенными на черт. 13 и 14. Эти ящики, помощьюъ желѣзныхъ крючковъ, соединяются непосредственно между собою, при этомъ цѣпь оказывается излишнею; употребляются при подъемѣ на высоту около 20 футовъ.

В. Для того, чтобы удобно было провести воду по желобамъ, помѣщаемымъ на стойкахъ, и слѣдовательно выше поверхности земли, въ деревянныхъ чигиряхъ, описаннаго устройства, барабанъ долженъ быть расположенъ тоже выше поверхности земли. Это послѣднее условіе вызываетъ не-

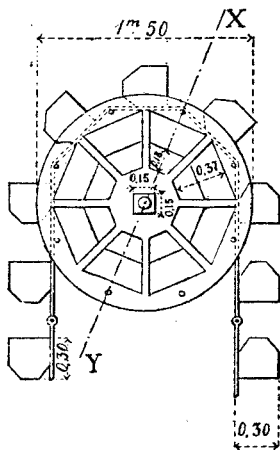
обходимость устраивать прочное основаніе для барабана и кулачнаго колеса съ валомъ.

На чертежахъ 19, 20, 21, 22 и 23 представленъ, въ вертикальномъ разрѣзѣ, въ планѣ, боковомъ видѣ и въ дета-

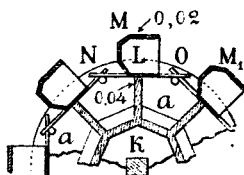
Черт. 20.



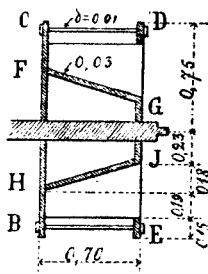
Черт. 21.



Черт. 22.



Черт. 23.



ляхъ, деревянный чигирь въ большомъ ходу въ Египтѣ, съ барабаномъ, котораго валъ лежитъ на каменномъ колодцѣ, немного выше поверхности земли.

Такой чигирь служить для подъема воды на высоту отъ 10 до 11 метровъ (отъ 33 до 36 фут.). ¹⁾ Онъ состоитъ изъ деревяннаго барабана *AB* діаметромъ отъ 1.50 м. до 2.0 метровъ (отъ 5 до 7 фут.), образованнаго изъ двухъ досчатыхъ колець *CB* и *DE*, соединенныхъ между собою восьмью желѣзными болтами, расположенными какъ указываетъ черт. 21. На валу барабана находится деревянная шестерня *ST* (черт. 20) того же діаметра. Со стороны шестерни, барабанъ (черт. 23) имѣетъ сплошное досчатое дно *CB*, съ противоположной же стороны, на валу укрѣпленъ деревянный дискъ *GI* и ободъ *DE* соединенъ съ валомъ посредствомъ восьми ручекъ. Стѣнки *KL*, перпендикулярныя дну *CB* и проходящія чрезъ эти ручки, съ стѣнками *FG*, *HJ*, образуютъ (черт. 22), внутри барабана, восемь желобовъ *a a*. На болтахъ, образующихъ сквозную поверхность барабана, укладываютъ канатъ съ гончарными черпаками, или же послѣдніе имѣютъ другое устройство, какъ показано на этихъ чертежахъ. При вращеніи барабана, вода изъ черпаковъ, находящихся выше оси барабана, выливается въ желоба *a a*, откуда, вслѣдствіе наклоннаго положенія стѣнки *FG*, свободно стекаетъ въ желобъ *Z*. Жестяной черпакъ *MM*, какъ въ данномъ случаѣ, прикрѣпляется къ дубовой доскѣ *NO*, которая, посредствомъ шарнировъ, соединяется съ доскою слѣдующаго черпака. Число черпаковъ, въ такой четкообразной цѣпи бываетъ отъ 25 до 50.

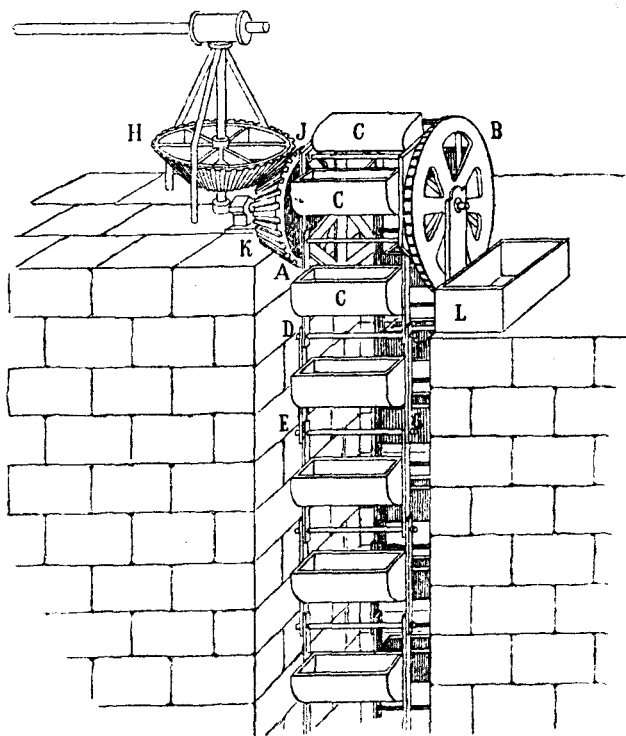
Кулачное колесо діаметромъ 2,75 метра (9 фут.), помѣщается на вертикальномъ валѣ, который снабженъ водиломъ для впрягиванія домашнихъ животныхъ. Пята вала помѣщается въ колодцѣ глубиною 1,75 метра.

Посредствомъ чигиря этого устройства, въ Египтѣ, при трехъ верблюдахъ и двухъ рабочихъ, въ теченіи одного дня, орошаютъ отъ 2 до 2½ десятинъ фруктоваго сада. Изъ цѣлой серіи наблюденій выведено, что въ одинъ часъ, чигирь поднимаетъ отъ 340 до 390 ведеръ воды въ зависимости отъ высоты подъема.

¹⁾ Размѣры описываемаго чигиря подаемъ въ метрахъ. Одинъ метръ равенъ 3,28 фута.

Г. Норія служитъ для подъема воды на высоту до 80 фут. По своему устройству норія, или металлическій чигирь, мало отличается отъ чигиря изображеннаго на чертежахъ 19—23. Она состоитъ, черт. 24, изъ чугунаго барабана *AB* и желѣзныхъ или стальныхъ черпаковъ *CC*, соединенныхъ между собою посредствомъ желѣзныхъ полосъ *DE* и *FG* и болтовъ *DF* и *EG*. Норію приводятъ въ движеніе однимъ или двумя рабочими, или-же для этой

Черт. 24.



цѣли устраиваютъ конный приводъ. Въ первомъ случаѣ на валу барабана закрѣпляютъ чугунное зубчатое колѣсо, сдѣланное съ шестернею, соединенною съ рукояткою; во второмъ случаѣ передача движенія устраивается посредствомъ коническихъ зубчатыхъ колѣсъ *HJ KJ*. Вода вытекаетъ въ желобъ внутри барабана, откуда стекаетъ въ лотокъ *L*.

Коефіціентъ полезнаго дѣйствія норіи составляетъ 0,80

и достигаетъ даже 0,865, въ особенности, если число оборотовъ барабана въ минуту не превосходитъ 42 ¹⁾).

Металлическія норіи съ однимъ барабаномъ, т. е. только что описанной конструкции, служатъ для подъема воды на высоту до 80 футовъ. Въ зависимости отъ высоты подъема и количества поднятой воды находится число животныхъ, впрягаемыхъ въ приводъ. Оно показано въ слѣдующей таблицѣ.

Количество воды поднимаемое въ одинъ часъ. Ведеръ.	При высотахъ подъема (Н футовъ) число упряжныхъ животныхъ (быковъ).						
	Н=20	Н=30	Н=40	Н=50	Н=60	Н=70	Н=80
550	1	1	1	—	—	—	—
750	1	1	1	—	—	—	—
1.000	1	1	1	2	2	2	2
1.500	1	2	2	3	3	4	4
2.200	2	2	3	4	4	—	—
3.000	2	3	4	—	—	—	—
4.400	3	4	—	—	—	—	—
6.000	4	—	—	—	—	—	—

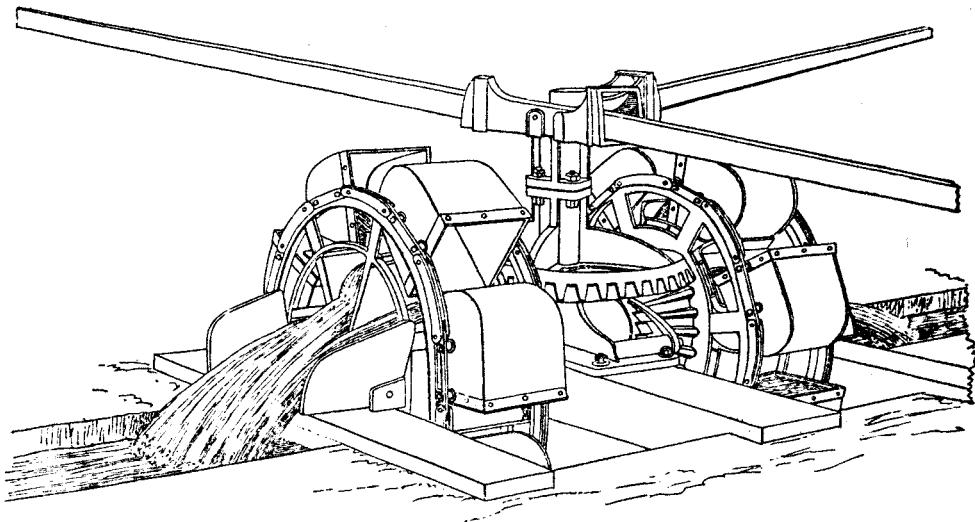
¹⁾ Во Франціи на заводахъ Société française de matériel agricole à Vierzon строятъ норіи четырехъ типовъ, для слѣдующихъ объемовъ воды.

Количество воды поднимаемой въ одинъ часъ.		Стоимость прибора франковъ.	Стоимость одного метра цѣпи франковъ.
куб. м.	ведеръ.		
14	1.100	800	100
20	1.600	1.000	150
35	2.800	1.400	175
48	3.900	1.200	200

Изъ этой таблицы оказывается, что при высотахъ подъема превосходящихъ 50 футовъ, необходимо впрягать въ норіи не менѣ двухъ быковъ, равно какъ сила двухъ быковъ необходима для подъема, въ 1 часть на высоту 20 футовъ, объема воды отъ 1500 до 3000 ведеръ.

Если, посредствомъ норіи, приходится поднимать болѣе значительное количество воды, напр. около 3000 ведеръ въ часть, на высоту отъ 30 до 40 футовъ, или около 4,400 ведеръ и болѣе на высоту 20 футовъ, то норія состоитъ изъ двухъ барабановъ, какъ это изображено на черт. 25. При этомъ приводъ помѣщается между чугунными бараба-

Черт. 25.



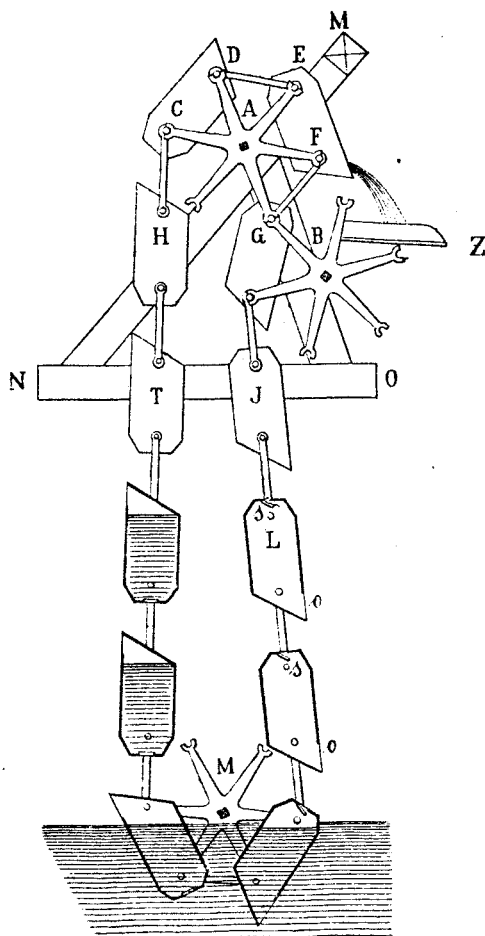
нами, и для приведенія машины въ дѣйствіе необходимо уси-
ліе не менѣ трехъ животныхъ, какъ это видно изъ по-
слѣдней таблицы:

Д. Весьма хорошо устроенной оказалось норія Гато
часто прежде примѣняемая во Франціи при разныхъ водо-
отливныхъ работахъ, изображенная на черт. 26.

На деревянной рамѣ *MNO* положена горизонтальная
желѣзная ось *A*, къ которой прикрѣпленъ звѣздообраз-
ный чугунный дискъ *CDEFGH* состоящій изъ шести ру-
чекъ, коихъ концы имѣютъ полукруглыя углубленія. На оси

А закрѣплено два такихъ диска, въ разстояніи немного больше ширины черпаковъ. Сквозь черпаки проткнуты выступающіе наружу желѣзные болты, на концы которыхъ надѣваются проушины желѣзныя полосы, замѣняющія цѣпи

Черт. 26.



и соединяющія между собою желѣзныя черпаки. При вращеніи оси А концы болтовъ укладываются въ полукруглыя углубленія ручекъ DE.

Желѣзные черпаки TI представляютъ родъ ящиковъ съ двумя отверстіями:

въ боковой стѣнкѣ черпака отверстіе o служить для наполненія и опоражниванія, и

въ днѣ черпака отверстіе s устроено съ тою цѣлью, чтобы, при погруженіи черпака въ воду, изъ него выходилъ воздухъ.

Это послѣднее отверстіе, закрывается клапаномъ при подъемѣ черпака съ водою, и при положеніи черпака L , клапанъ открытъ отъ собственнаго вѣса.

Призматическіе черпаки устраиваются слѣдующихъ размѣровъ: вышиною 1 футъ, и въ поперечномъ сѣченіи длиною 9 дюймовъ и шириною 6 дюймовъ. Число черпаковъ 12.

На одной рамѣ MNO , подъ барабаномъ A , устроенъ точно такой же второй барабанъ B , способствующій совершенному выливанію воды изъ черпаковъ въ желобъ Z . А именно при помощи розетки B , располагаемой на $2\frac{1}{2}$ фута ниже барабана A , цѣпь съ черпаками проводится подъ ось A , такъ, что отводный желобъ Z возможно установить ближе къ черпаку, когда тотъ занимаетъ положеніе F .

Для того, чтобы разстояніе между черпаками погружаемыми въ воду, оставалось неизмѣняемымъ, внизу на цѣпи свободно положена, такого же устройства розетка M . на выступающіе концы болтовъ, проткнутыхъ сквозь черпаки; при движеніи снаряда, эта розетка вращается, и разстояніе между опускающимся и поднимающимся черпаками остается постоянно одинаковымъ.

При постройкѣ канала St. Maur, близъ Парижа, инженеръ Эммери производилъ опыты съ норіею Гато; изъ нихъ онъ вывелъ заключеніе, что полезное дѣйствіе этой норіи почти равно отношенію полезной высоты подъема H къ полной высотѣ H_1 , на которую приходится поднимать воду, такъ что:

При высотахъ подъема $H = 3$ до 6 ф. 8 ф. 10 ф. 14 ф. 20 ф.
Коефез. пол. дѣйствія $\eta = 0.48 \quad 0.57 \quad 0.63 \quad 0.66 \quad 0.70$.

Для даннаго снаряда, разность $H_1 - H$ есть величина постоянная, зависящая отъ его конструкціи и установки, и полезное дѣйствіе норіи возрастаетъ съ увеличеніемъ вы-

соты подъема, какъ это видно изъ только что приведенныхъ результатовъ наблюдений.

Объемъ воды, поднимаемой чигиремъ или норією, опредѣляется слѣдующимъ образомъ:

Назовемъ чрезъ

H высоту подъема воды,

s длину цѣпи,

m число черпаковъ,

q емкость одного черпака,

R радіусъ круга, по которому ходять черпаки,

d разстояніе центра тяжести черпака до цѣпи,

n число оборотовъ цѣпи въ одну минуту,

v скорость цѣпи въ одну секунду; эта скорость обыкновенно равна около $\frac{1}{2}$ фута,

η косфиціентъ полезнаго дѣйствія,

N число паровыхъ лошадей,

γ вѣсъ единицы объема воды (одинъ кубическій футъ воды вѣситъ 1.7280 пудовъ),

Объемъ воды поднимаемой въ одну минуту будетъ:

$$Q_0 = m q \cdot n$$

гдѣ $n = 60 \frac{v}{s}$.

Полагая, что во время подъема потеря на утечку составляетъ $\frac{1}{6}$ поднимаемаго объема воды, получается дѣйствительно поднятый, въ одну минуту, объемъ воды

$$Q_1 = \frac{5}{6} n \cdot m \cdot q = 50 \frac{v}{s} m q$$

и при $v = \frac{1}{2}$ фута, если s и q выражены въ футахъ

$$Q_1 = 25 \frac{m q}{s} \text{ куб. фут.}$$

Работа, необходимая для подъема въ часть Q_0 куб. саж. воды, опредѣляется изъ формулы:

$$N = \frac{Q_0(H+R+d)}{15 \cdot 60 \cdot 60} \gamma \frac{343}{\eta} = \frac{Q_0(H+R+d)}{91.7}$$

Сравнивая между собою описанныя устройства деревянныхъ чигирей и норій, видимъ:

1. для того чтобы вода могла выливаться изъ черпаковъ, необходимо поднимать ее на высоту больше въ дѣйствительности требуемой, слѣд. производится нѣкоторая бесполезная работа, понижающая коэффициентъ полезнаго дѣйствія.
2. высота подъема для деревянныхъ чигирей не превосходить 60 фут. а для металлическихъ норій до 80 фут., слѣдов. въ этомъ отношеніи преимущество на сторонѣ металлической норіи.
3. объемъ воды, поднимаемый въ одинъ часъ времени, составляетъ для деревяннаго чигиря отъ 375 до 750 ведеръ, и для металлической норіи съ однимъ барабаномъ отъ 550 до 3.000 ведеръ въ часъ, въ зависимости отъ высоты подъема; объемъ воды поднимаемый норіями съ двумя барабанами достигаетъ 6.600 ведеръ въ одинъ часъ.
4. чигирь и норія, приводимые въ движеніе мускульною силою человѣка или домашнихъ животныхъ, не требуютъ затратъ на пріобрѣтеніе и эксплуатацію постоянного двигателя и въ этомъ отношеніи очень удобны для періодическаго или кратковременнаго употребленія, какъ это почти всегда бываетъ въ деревенской жизни, равно какъ и при поливкѣ фруктовыхъ садовъ, огородовъ и вообще небольшихъ поверхностей.
5. въ отношеніи стоимости предпочтеніе слѣдуетъ отдать деревянному чигирю, въ отношеніи-же продолжительности службы и прочности первое мѣсто принадлежитъ металлической норіи, устроенной изъ болѣе прочныхъ матеріаловъ, которые мало требуютъ ремонта, если вспомогательными мѣрами предохранять ихъ отъ ржавчины.

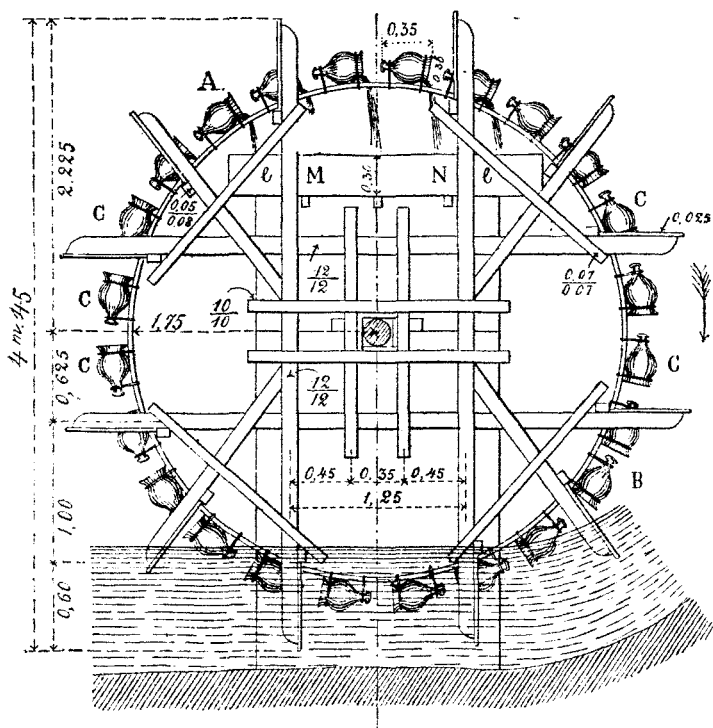
§ 3. Водоподъемныя колеса.

Чигири и норіи описаннаго устройства большею частью приводятъ въ движеніе мускульною силою человѣка или домашнихъ животныхъ. Если желаютъ воспользоваться теченіемъ воды, то примѣняютъ пошвенныя колеса, снабженныя

сосудами, на глухо прикрѣпленными къ окружности колеса, или-же къ колесу подвѣшиваютъ черпаки, вращающіеся на горизонтальной оси. Въ обоихъ случаяхъ полезная высота подъема воды меньше діаметра колеса.

А. На черт. 27 и 28 изображено, въ боковомъ видѣ и вертикальномъ разрѣзѣ, деревянное пошвенное колесо *AB* съ гончарными кувшинами *CC*; это колесо въ большомъ употребленіи въ среднемъ Египтѣ. Къ окружности пошвен-

Черт. 27.

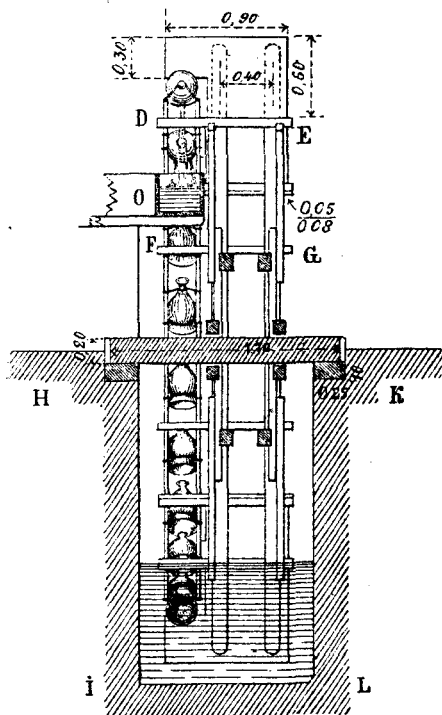


наго колеса прикрѣплены горизонтальныя периферическія ручки *DE* и *FG*, выступающіе концы которыхъ поддерживаютъ тонкій деревянный ободъ, какъ мы видѣли при деревянномъ чигирѣ. Съ ободомъ соединены гончарные кувшины; одинъ кувшинъ вмѣщаетъ приблизительно полъ ведра воды ¹⁾.

¹⁾ Вмѣстимость кувшина равна 7 литрамъ. Одинъ литръ равенъ 0.08181 ведра.

Колесо устанавливают въ каналахъ, коихъ уклонъ составляетъ 0.0005, т. е. $\frac{1}{4}$ сажени на версту; течение воды приводитъ колесо въ вращательное движеніе; чаще всего для этого въ каналѣ устраиваютъ двѣ каменные стѣны *HI* и *KL*, стѣсняющія поперечное сѣченіе канала, и въ такихъ случаяхъ двигательною силою является подпоръ отъ сжатія струи; величина подпора бываетъ отъ одного

Черт. 28..



до двухъ футовъ. Эти стѣны служатъ прочнымъ основаніемъ для вала колеса.

Размѣры колесъ бываютъ самые разнообразны. Обыкновенно діаметръ пошвеннаго колеса съ лопатками составляетъ около 4,50 метровъ, т. е. 14,75 футовъ, при чемъ колесо снабжается 12 лопатками, длиною 3 фута и шириною 2 фута, и на окружности съ нимъ соединены 24 кувшина. При этихъ условіяхъ колесо дѣлаетъ 4 оборота въ минуту и поднимаетъ 3280 ведеръ, въ одинъ часъ, на высоту 3 метровъ (почти 10 фут.); слѣдовательно въ те-

ченіи 18 часовъ возможно обильно оросить одну десятину. Считаютъ, что такое колесо достаточно для орошенія, въ теченіи лѣтняго періода, до 13 десятинъ пошвовъ.

Кромѣ того существуютъ колеса снабженныя двумя рядами кувшиновъ, по обѣ стороны пошвеннаго колеса, и иногда діаметръ колеса бываетъ такой величины, что въ двухъ рядахъ помѣщаются 96 кувшиновъ.

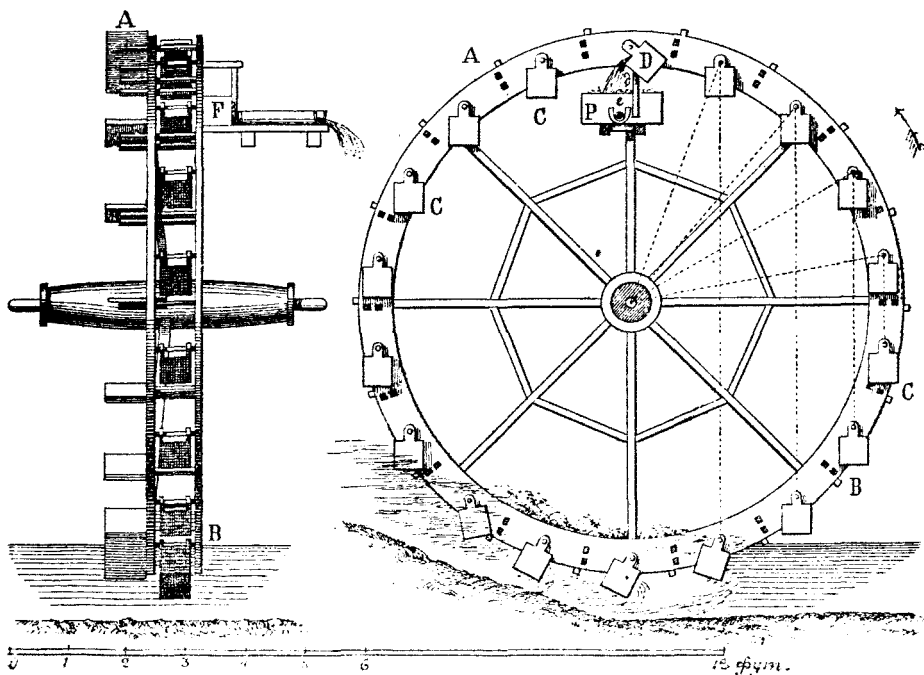
При вращеніи колеса, по направленію движенія воды, кувшины, погружаясь, наполняются водою, и, поднимая ее на высоту не много больше радіуса колеса (приблизительно

0,75 диаметра), выливаютъ въ деревянный лотокъ *MN*, откуда вода протекаетъ въ желобъ *O*.

Подобнаго рода колеса страдаютъ однимъ крупнымъ недостаткомъ, а именно вслѣдствіе неподвижнаго соединенія кувшиновъ съ окружностью колеса, опораживаніе ихъ происходитъ отчасти ниже требуемой высоты, т. е. другими словами иногда сильно понижается ихъ производительность.

Б. Болѣе совершеннымъ слѣдуетъ признать деревянное колесо съ подвижными черпаками или бадьями, изображенное на черт. 29, 30 и 31. Между дос-

Черт. 29 и 30.

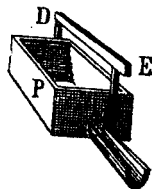


чатými кольцами, составляющими ободъ пошвеннаго колеса *AB*, подвижны черпаки *CC*, на горизонтальной оси, которую образуютъ желѣзные болты соединяющіе два обода колеса. При этомъ, во время вращенія колеса, черпакъ съ водою находится постоянно въ отвѣсномъ положеніи и только достигая высшей точки, задѣваютъ за выступъ *DE* (черт. 31) прикрѣпленный къ деревянному лотку *F*. При этомъ чер-

пакъ принимаетъ наклонное положеніе и опоражнивается; вода попадаетъ въ лотокъ *P*, откуда вытекаетъ по желобамъ.

Такія деревянные колеса устраивались обыкновенно діаметромъ равнымъ 16 футамъ, и примѣнялись для подъема довольно значительныхъ объемовъ воды. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія составляетъ большею частью 0,60, и въ исключительныхъ случаяхъ достигаетъ 0,65.

Чер. 31.



Для водоотлива, при постройкѣ моста Neuilly, въ Парижѣ, въ минувшемъ столѣтіи, Перроне примѣнилъ подобнаго рода колесо, приводимое въ движеніе посредствомъ деревяннаго висячаго колеса, установленнаго на р. Сенъ. Діаметръ этого колеса былъ 5,75 метра (19,20 фут.).

Скорость теченія 0,80 метра (около 2 фут. 8 дюйм.).

Діаметръ колеса, образуемаго болтами 5,28 м. (17,31 ф.).

Ширина колеса 1 метръ (3,28 фута).

Число бадей 16. Объемъ бадьи 0,137 куб. метра или 11,15 ведеръ. Изъ этого объема поднималось воды 0,103 куб. метра или 8,35 ведеръ.

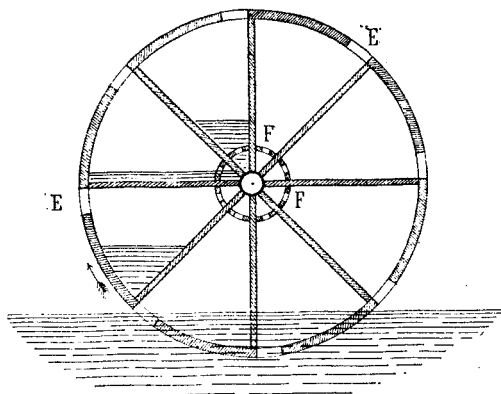
На высоту отъ 3,25 до 3,90 метра (10,66 до 12,80 ф.) эта машина поднимала въ одинъ часъ 185 куб. метровъ, т. е. 19,048 куб. саж. воды, или около 15,000 ведеръ. Такую же производительность получали отъ двѣнадцати норій.

Сравнивая два описанныя колеса, видимъ, что, въ отношеніи производительности, колесо съ подвѣшенными черпаками значительно выгоднѣе.

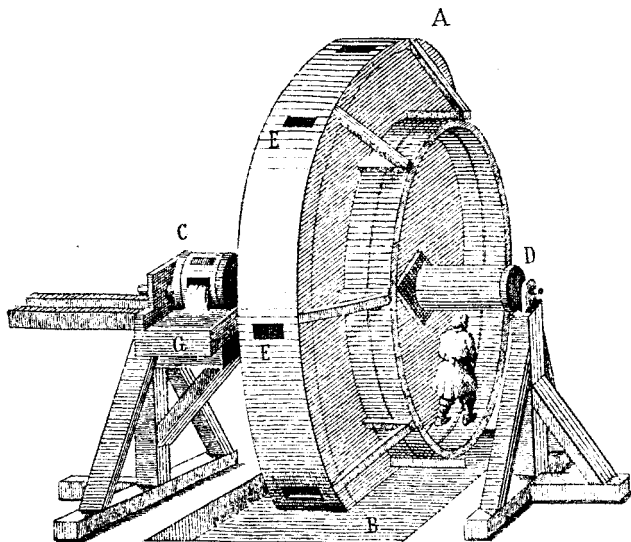
В. Тимпанъ. Для подъема воды употребляли въ древности деревянное колесо, описанное Витрувіемъ и извѣстное подъ названіемъ тимпана. Устройство этого колеса слѣдующее: деревянный барабанъ *AB* черт. 32 и 33, съ пустотѣлымъ горизонтальнымъ валомъ *CD*, посредствомъ радіальныхъ перегородокъ раздѣленъ на восемь (иногда на 12) секторовъ. При каждой перегородкѣ, на окружности бара-

бана, вырѣзано отверстіе *E*, *E*, величиною около половины квадратнаго фута; точно также на поверхности вала, въ каждомъ изъ секторовъ, сдѣлано отверстіе *FF*. При погру-

Чер. 32.



Чер. 33.



женіи колеса въ воду, приблизительно на 6 дюймовъ, вода черезъ отверстіе *E* попадаетъ въ секторъ, въ коемъ поднимались при вращеніи колеса, поступаетъ черезъ отверстіе *F*,

внутрь вала CD , откуда вытекает въ лотокъ G . Этотъ послѣдній долженъ находиться ниже вала CD , слѣдов. высота подъема воды будетъ меньше радіуса барабана, по крайней мѣрѣ, на величину равную половинѣ діаметра пустотѣлаго вала. Уменьшеніе высоты подъема составляетъ не меньше 0,50 метра.

Полезное дѣйствіе тимпана можно выразить формулою

$$0,80 \cdot \frac{H}{H + 0,50}$$

гдѣ H (въ мертахъ) высота лотка G надъ нижнимъ горизонтомъ воды, и 0,50 приведенное уменьшеніе высоты подъема, которое на величину полезнаго дѣйствія оказываетъ тѣмъ меньше вліянія, чѣмъ больше діаметръ тимпана.

Скорость на окружности барабана должна быть незначительна, а именно около 3 футовъ (отъ 0,80 до 1,00 метра).

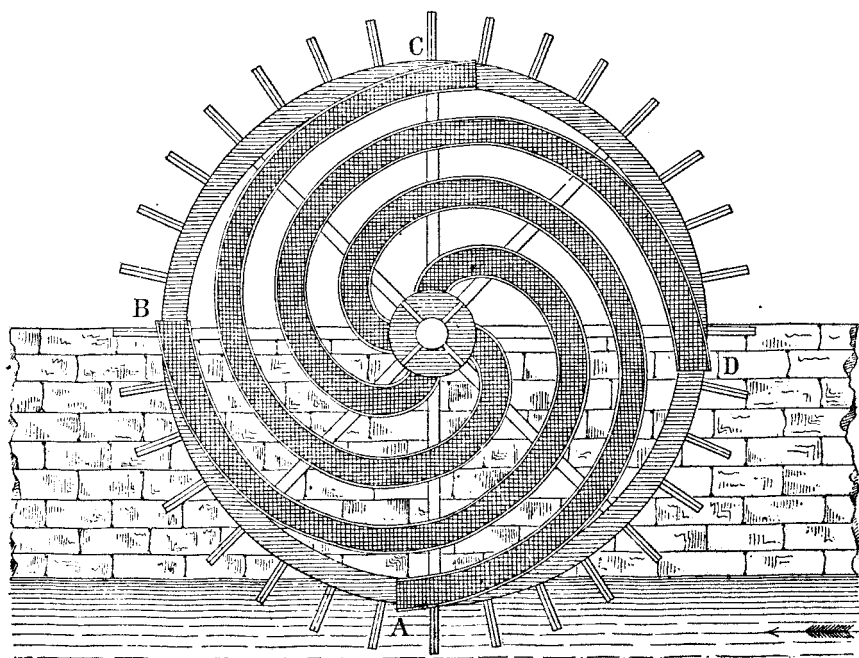
Тимпанъ устанавливали на проточной водѣ и тогда приводился въ движеніе теченіемъ воды, или-же, для этой цѣли, употребляли ступенчатое колесо, какъ показываетъ черт. 33.

Разсматривая условія, при которыхъ происходитъ подъемъ воды въ тимпанѣ, оказывается, что положеніе центра тяжести, поднимаемаго въ секторѣ объема воды, постоянно мѣняется, а именно разстояніе центра тяжести отъ оси постепенно возрастаетъ, до тѣхъ поръ, пока уровень воды въ секторѣ не достигнетъ отверстія F , и вслѣдствіе этого возрастаютъ вращательные моменты, обусловливающие неравномерное движеніе колеса.

Г. Чтобы устранить этотъ недостатокъ, французскій академикъ Лафе (Lafaye) въ 1716 году предложилъ секторобразныя пространства замѣнить криволинейными каналами, устраиваемыми по разверзающей круга. На черт. 34 изображено въ вертикальномъ положеніи такое колесо, приводимое въ движеніе теченіемъ воды. Эта послѣдняя, попадая въ отверстіе канала A , при вращеніи колеса, поднимается вверхъ по вертикальной линіи, т. е. по кратчайшему направлению, пока не достигнетъ пустотѣлаго вала, откуда вытекаетъ какъ въ тимпанѣ. На нашемъ чертежѣ изобра-

жено колесо съ четырьмя каналами *A*, *B*, *C* и *D*, хотя существуют колеса о восьми и болѣе каналахъ. Криволинейные каналы устраиваются по разверзающей вала, черт. 34, или-же по архимедовой спирали. Въ первомъ случаѣ отвѣсная линія, проходящая чрезъ центръ тяжести собранной въ каналѣ воды касательна къ окружности вала, и, при всякомъ положеніи каналовъ, радіусъ вала есть постоянное плечо сопротивленія, а потому и движеніе колеса Лафе болѣе равномерно.

Черт. 34.



Объемъ воды Q , поднимаемый тимпаномъ въ одну секунду, опредѣляется по слѣдующей формулѣ.

Назовемъ чрезъ

H высоту подъема,

m число каналовъ тимпана,

a площадь поперечнаго сѣченія канала,

n число оборотовъ колеса въ минуту,

r , и r_2 разстояніе крайнихъ реберъ пріемнаго сѣченія до оси колеса

η коэффициентъ полезнаго дѣйствія отъ 0,75 до 0,80, тогда получимъ

$$Q = \frac{m \, n \, a}{60} \, \eta \left(r_1 \arccos \frac{H}{r_1} r_2 \arccos \frac{H}{r_2} \right)$$

Изъ приведеннаго описанія устройства тимпановъ выходитъ, что, при употребленіи этихъ колесъ, вода поднимается на высоту не много выше оси колеса, и вытекание воды, изъ пустотѣлаго вала, происходитъ въ лотокъ, лежащій ниже наружной поверхности вала.

Діаметръ этого вала долженъ удовлетворять условію, чтобы вода внутри вала протекала съ незначительною скоростью, около одного метра въ секунду и, чтобы площадь поперечнаго сѣченія была достаточна для пропуска воды, поступающей изъ криволинейныхъ каналовъ.

Называя чрезъ v скорость въ секунду движенія воды внутри вала, чрезъ ω площадь поперечнаго сѣченія вала и Q объемъ воды поднимаемой въ одну секунду, должно быть соблюдено условіе чтобы

$$Q = v \cdot \omega.$$

Такъ какъ внутри вала находится ось и перегородки имѣютъ тоже нѣкоторую толщину, то площадь поперечнаго сѣченія вала должна быть увеличена на 0,20 до 0,25, и слѣдов.

$$Q = 1,25 \cdot \omega \cdot v.$$

Подставляя $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ и $v = 1$ метру (3,28 фута)

$$Q = 1,25 \frac{\pi d^2}{4}$$

откуда

$$d = \sqrt{\frac{4 \, Q}{1,25 \pi}}$$

Примѣръ. Колесо діаметромъ 6 метровъ (около 20 фут.) погружено въ воду на 0,80 м. (2 ф. 8 дюймовъ), слѣдов. ось колеса на 2,20 м. выше уровня воды.

Расходъ воды въ одну секунду 0,33372 куб. метр. Скорость внутри вала 1 метръ, такъ что площадь поперечнаго сѣченія для свободнаго протока воды будетъ 0,33372 квадр. метр.

Площадь поперечнаго сѣченія пустотѣлаго вала, со-

блюдая требуемое увеличеніе была бы $1,25 \times 0,33372 = 0,41716$ квадр. метр.

Откуда

$$d = \sqrt{0,273 \times 0,41715} = 0,729 \text{ метр.}$$

или радіусъ вала $\frac{d}{2} = 0,365$ метр.

Дно лотка должно быть по крайней мѣрѣ на 0,18 метра ниже внутренней поверхности вала, слѣд. вода будетъ ниже оси колеса на $0,365 + 0,18 = 0,55$ метр.

Такимъ образомъ дѣйствительная высота подъема воды будетъ:

$$2,20 - 0,55 = 1,65 \text{ метра}$$

т. е. при колесѣ діаметромъ 6 метр. (около 20 фут.), возможно поднять воду на высоту 1,65 м. (5,40 фут.).

Въ числѣ приборовъ, употребляемыхъ для подъема воды, при постройкѣ моста въ Орлеанѣ, на высоту $8\frac{1}{2}$ футовъ, Перроне примѣнялъ, между прочимъ, колесо Лафе. Діаметръ колеса составлялъ 6,30 метра (20,67 футовъ), ширина колеса 0,45 метр. (1,50 фута); колесо состояло изъ 24 криволинейныхъ каналовъ и приводилось въ движеніе двумя ступенчатыми колесами, въ которыхъ работало по 12 человѣкъ попеременно, два часа съ отдыхами. Пустотѣлый валъ, діаметромъ 3,50 фута, помѣщался съ стороны, куда предполагалось отвести воду. Количество поднимаемой воды, въ зависимости отъ глубины погруженія было слѣдующее:

Погруженіе колеса футовъ.	Число оборо- товъ колеса въ минуту.	О Б Ъ Е М Ъ В О Д Ы.		
		При погру- женіи одного канала куб. фут.	Поднятый въ одинъ часъ куб. саж.	Поднятый въ 1 час., на 1 ра- бочаго и на 1 фут. высоты куб. саж.
1,066	2,00	1,815	15,29	10,87
0,800	2,50	1,210	12,74	9,05
0,532	3,00	0,910	11,43	8,12
0,266	3,00	0,600	7,64	5,43

Среднее 8,50

Сравнивая тимпанъ древняго устройства съ колесомъ

Лафе, оказывается, что въ отношеніи полезнаго дѣйствія и величины прилагаемаго двигателя, между ними разницы не существуетъ, потому что, какъ въ одномъ такъ равно и въ другомъ, воду необходимо поднимать на одну и ту же высоту. При сравненіи же дѣйствія тимпана о восьми секторахъ съ колесомъ одинаковаго (т. е. восьми) количества криволинейныхъ каналовъ, для одного оборота колеса діаметромъ 6 метровъ и шириною одинъ метръ, если назвать чрезъ

Q объемъ поднимаемый тимпаномъ древняго устройства,

Q_1 объемъ поднимаемый колесомъ, съ криволинейными каналами, по разверзающей круга, изъ опытовъ получено:

Глубина погруженія метр.	Q куб. метр.	Q_1 куб. метр.	Отношеніе $Q_1 : Q$.
0,60	0,25152	0,12096	0,48
0,80	0,33372	0,22088	0,66

что тимпанъ древняго устройства по своей производительности значительно превосходитъ колесо съ криволинейными каналами.

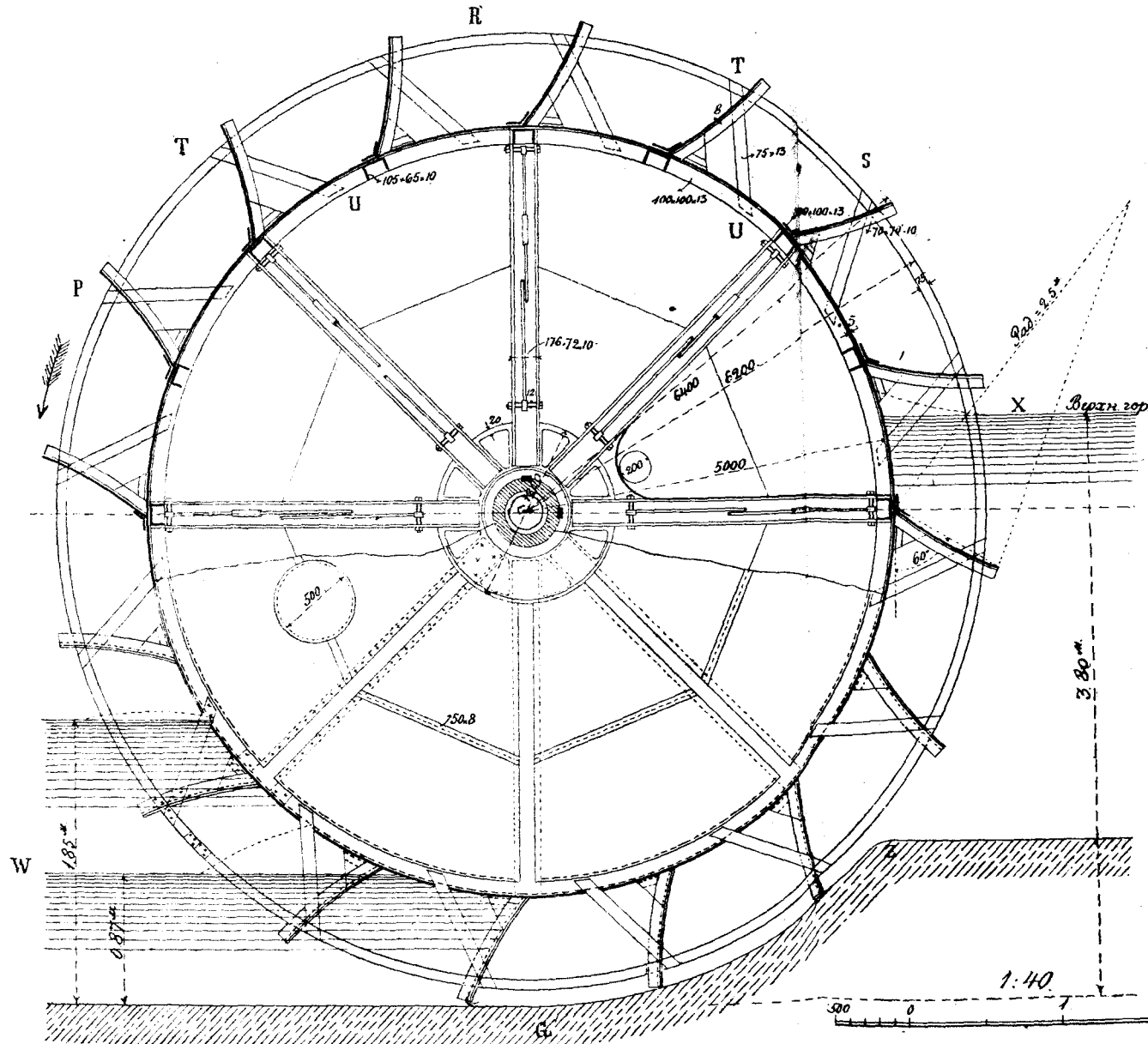
Во Франціи существуетъ металлическій тимпанъ Лафе. діаметромъ 8,40 метр., шириною 2,80 метр., который поднимаетъ въ секунду 500 литровъ воды, на высоту 3 метровъ, при скорости наружной окружности равной 1,360 метр. Хотя для высотъ, не превосходящихъ 3,5 метра, производительность тимпана Лафе составляетъ 0,75, однако, по причинѣ своего значительнаго вѣса ¹⁾, и необходимости имѣть много мѣста для установки, онъ въ настоящее время мало примѣняется.

§ 4. Колеса съ лопатками.

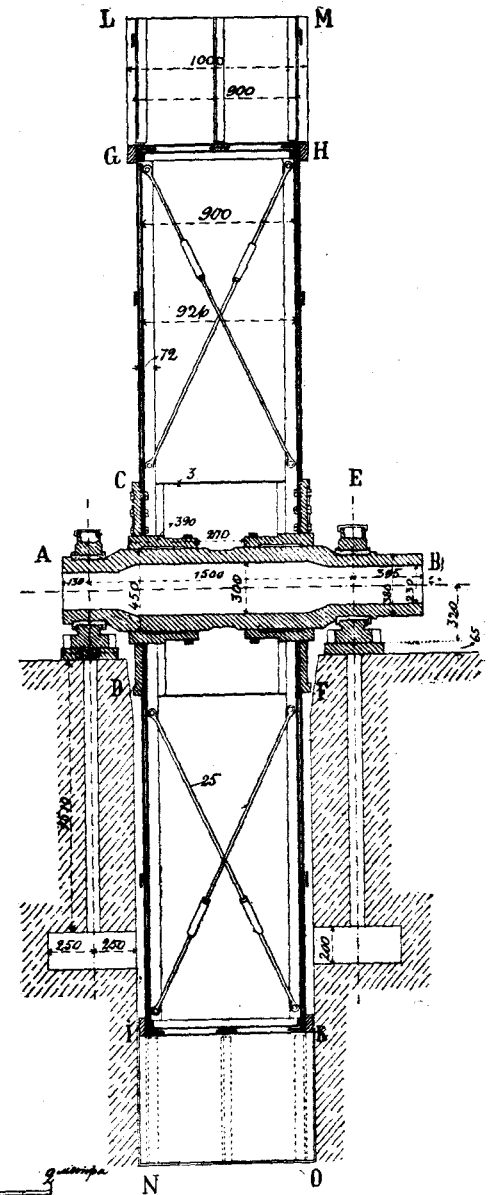
Перекачиваніе значительнаго количества воды на небольшую высоту достигается посредствомъ вертикаль-

¹⁾ Описываемое колесо Перроне вѣсило около 200 пудовъ.

Черт. 36.

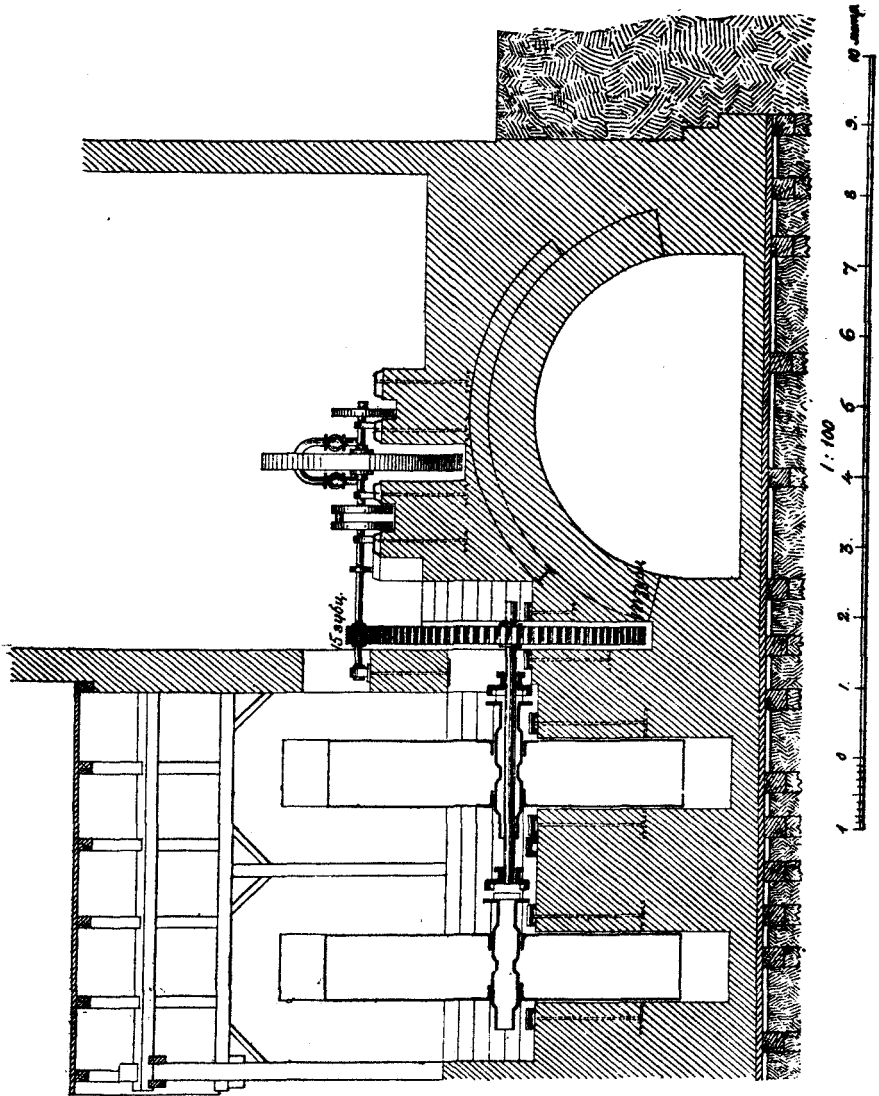


Черт. 37.



колесо, съ внутреннею опалубкою, слѣдующаго устройства: къ горизонтальному, чугунному, пустотѣлому валу

Черт. 88.



AB (черт. 37) прикрѣплены двѣ чугунные, осьмиконечныя розетки *CD*, *EF*, съ которыми, посредствомъ болтовъ, соединены желѣзныя ручки *CG*, *EH*, *DI*, *FK*. Къ концамъ этихъ

ручекъ прикрѣплены, внутри, желѣзные ободы, изъ изогну-
таго углового желѣза и ручки съ наружной стороны обшиты
листовымъ желѣзомъ. Между кругами *GI* и *HK* устроена
цилиндрическая поверхность *GH*, *KI* изъ периферически
расположенныхъ ручекъ *U*—образнаго сѣченія и листоваго
желѣза. Къ поверхности этого барабана прикрѣплены криво-
линейныя желѣзныя лопатки *GLMH*, *KONI*, составленные
тоже изъ уголковъ и листоваго желѣза. Эти лопатки соеди-
няются между собою (черт. 36) полосовымъ желѣзомъ. *PRS*.
Къ барабану и къ этому послѣднему кругу *PRS* изъ поло-
соваго желѣза, прикрѣплены (черт. 36) деревянныя планки
TU, показанныя въ поперечномъ разрѣзѣ на черт. 37 *G*,
H, *K*, *I*, для образованія желаемой величины зазора между
колесомъ и каменнымъ русломъ, въ которомъ оно вращается.

Колесо устанавливають на очень прочномъ каменномъ
фундаментѣ, такъ какъ отъ этого, въ значительной степени,
зависитъ правильность хода всего механизма. Внизу, часть
дна русла *GZ*, устраивается концентрическою съ колесомъ, и
между дномъ и лопатками имѣется зазоръ величиною отъ
12 до 25 миллиметровъ (отъ 0,5 до 1 дюйма); такой же ве-
личины зазоръ находится между колесомъ и боковыми вер-
тикальными стѣнками фундамента. Въ нѣкоторыхъ, очень
тщательно устроенныхъ колесахъ, чтобы уменьшить потерю
воды, при ея водоподъемѣ изъ нижняго резервуара въ верх-
ній, величина этихъ зазоровъ не превосходитъ 5 миллимет-
ровъ.

Горизонтъ воды въ приводномъ къ колесу руслѣ ста-
раются сохранять постояннымъ, чтобы наиболѣе использо-
вать работу двигателя, и для этой цѣли, впереди колеса,
приводное русло устраиваютъ возможно шире.

Лопатки прикрѣпляютъ къ окружности колеса посред-
ствомъ уголковъ, и относительно уровня воды *W* приводнаго
русла устраиваютъ вогнутыми, какъ на черт. 35, или иногда
выпуклыми. Главное условіе, которому должны удовлетво-
рять хорошо устроенныя лопатки, состоитъ въ томъ, чтобы
онѣ погружались безъ удара въ воду приводнаго русла, и
чтобы не захватывали воды, выходя изъ пріемнаго русла
X. Поэтому лопатки прикрѣпляютъ, къ окружности колеса,
не по направленію радіусовъ, какъ при подливныхъ колесахъ,

но подъ нѣкоторымъ угломъ, а именно такимъ образомъ, чтобы уголъ между касательною къ окружности и направлениемъ лопатки составлялъ отъ 60° до 75° . На черт. 36 этотъ уголъ равенъ 60° . Изъ приведеннаго условія хорошо устроенныхъ лопатокъ вытекаетъ, что скорость на окружности должна быть возможно меньше. Обыкновенно при расчетѣ такихъ колесъ принимаютъ, что эта скорость, въ секунду должна быть отъ 1 до 3 метровъ (отъ 3,28 до 10 фут.), такъ что число оборотовъ колеса въ минуту колеблется отъ 2 до 5.

Въ зависимости отъ того, устраивается ли на окружности колеса опалубка, или таковая отсутствуетъ, измѣняется высота, на которую возможно поднимать воду, и въ первомъ случаѣ (черт. 36), высота подъема больше радіуса колеса.

Діаметръ колесъ, типа черт. 35—38, при высотахъ подъема отъ 3 до 6 метровъ (приблизительно отъ 10 до 20 фут.) колеблется отъ 5 до 8,5 метровъ (отъ 16,5 до 28 фут.).

При этихъ колесахъ число лопатокъ бываетъ отъ 6 до 16 и болѣе; ширина лопатокъ отъ $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{9}$ наружнаго діаметра колеса.

Если высота подъема воды превосходитъ 10 фут. то болѣе цѣлесообразно эту высоту раздѣлить на нѣсколько частей и перекачиваніе воды устроить посредствомъ колесъ, находящихся на разныхъ высотахъ.

При значительныхъ объемахъ воды, обыкновенно, устанавливаютъ рядомъ нѣсколько колесъ, и такъ какъ эти механизмы должны производить работу при разныхъ высотахъ подъема, въ зависимости отъ положенія горизонта воды въ водопроводномъ и пріемномъ руслахъ, то, напр. при осушеніи, размѣры колесъ и паровой машины опредѣляютъ съ соблюденіемъ того условія, чтобы при наибольшей высотѣ подъема, отвѣчающей наименьшему количеству воды, работало одно или два колеса. При наименьшей высотѣ подъема работаютъ обыкновенно всѣ колеса.

Передачу движенія отъ двигателя къ колесу, почти всегда, устраиваютъ при помощи зубчатыхъ колесъ; шестерня укрѣпляется на одномъ валу съ маховикомъ паровой машины (черт. 38), зубчатое колесо помѣщаютъ на одномъ валѣ съ

подъемнымъ колесомъ, или-же включаютъ еще передаточный валъ. Такое устройство передаточнаго механизма необходимо, потому что скорость вращенія маховика гораздо больше той скорости, какая требуется на окружности подъемнаго колеса.

Количество воды, поднимаемое при одномъ оборотѣ такого колеса, теоретически, равно объему кольца въ которомъ помѣщены лопатки, въ предположеніи что колесо до опалубки погружено въ воду.

Называя чрезъ:

d наружный діаметръ колеса,

d_1 внутренний діаметръ (до опалубки) колеса,

b ширину лопатки,

H высоту подъема воды,

Q объемъ поднятый въ одну секунду.

n число оборотовъ колеса въ минуту.

μ коэффициентъ, опредѣляющій объемъ занимаемый лопатками,

v скорость на окружности колеса,

получается:

$$Q = \mu \frac{\pi(d^2 - d_1^2)}{4} \cdot b \frac{n}{60}$$

а такъ какъ:

$$\frac{n}{60} = \frac{v}{\pi d}$$

то:

$$Q = \mu b \frac{(d^2 - d_1^2)}{4} \cdot \frac{v}{d}$$

По этой формулѣ опредѣляется ширина колеса b , которую полезно иногда уменьшать, увеличивъ діаметръ колеса, чтобы уменьшить вѣсъ колеса и давленіе на опоры, а слѣдовательно и прогибъ вала колеса.

Колесо, описанное на черт. 35, 36, 37 и 38 устроено въ низовьяхъ р. Эльбы, близъ Гамбурга, для осушенія низменнаго участка, площадью 1030 гектаровъ. Атмосферные осадки за время съ 1-го Декабря по 15-ое Апрѣля составляютъ слой воды вышиною 0,30 метра, такъ, что, для своевременной обработки полей, необходимо удалить въ теченіи 45 сутокъ,

съ 1-го Марта по 15-ое Апрѣля, объемъ воды 3.114,000 кубическихъ метровъ.

Для этой цѣли построены два металлическія колеса, при общемъ расположеніи, показанномъ на черт. 38 и слѣдующихъ главныхъ размѣрахъ:

Средняя высота подъема около	1,15 метр.
Наибольшая высота подъема	3,80 "
Наружный діаметръ колеса	6,40 "
Лопатки наклонены подъ угломъ	60°
Радіусъ кривизны лопатокъ	2,50 метр.
Число лопатокъ	16 "
Глубина погруженія лопатки	0,70 "
Ширина колеса.	1 "
Скорость колеса на окружности	1 "
Число оборотовъ колеса въ одну минуту.	3 "
Коефіціентъ наполненія.	0,80 "

Два колеса поднимаютъ, въ секунду, объемъ воды
 $0,80 \times 0,70 \times 1,00 \times 1,00 \times 2,00 = 1,12$ куб. метр.

Поэтому весь объемъ воды 3.114,000 куб. метровъ можетъ быть удаленъ въ теченіи:

$$\frac{3.114,000}{3.600 \times 1,12} = 772 \text{ часовъ}$$

или, при 20-ти-часовой работѣ въ сутки, въ теченіи 39 дней.

Горизонтальная паровая машина съ двумя цилиндрами, съ расширеніемъ и безъ конденсатора въ 37 силъ.

Діаметръ пароваго цилиндра. 370 милим.

Ходъ поршня 740 "

При нормальномъ ходѣ машина дѣлаетъ 25 оборотовъ въ минуту.

Передача движенія устроена посредствомъ одной пары зубчатыхъ колесъ въ 15 и 121 зубцовъ, и, для того, чтобы каждое изъ двухъ колесъ могло работать самостоятельно, устроено вольное сращиваніе полаго вала колесъ съ внутреннимъ желѣзнымъ валомъ, коего діаметръ равенъ 200 милиметрамъ.

Паровая машина приведенной силы оказывается вполнѣ достаточной; такъ напр. при подъемѣ на высоту 1,15 метра.

объема 1,12 куб. мет., въ теченіи времени съ 11-го Марта по 20-ое Апрѣля, необходимо

$$\frac{1.120 \times 1,15}{75} = 17,2 \text{ нарицательныхъ паровыхъ силъ.}$$

Въ Голландіи, на основаніи долготѣтныхъ опытовъ, принято за правило что, при подъемѣ воды, на высоту 1 метра, съ участка въ 1000 гектаровъ (915,33 десятины), необходима для большихъ пространствъ, паровая машина въ 12 нарицат. силъ.

Стоимость этого устройства слѣдующая ¹⁾:

Отчужденіе земли, фашинныя и земляныя работы	8,325 р.
Устройство машинъ, съ доставкою и установкою	22,000 "
Устройство основанія, каменные и плотничныя работы	13,500 "
Каменная дымовая труба, высотой 28 метровъ	1,300 "
Строительные матеріалы	10,000 "
Всѣ остальные работы, а именно: постройка сарая для углей, колодца, вознагражденіе за производство работъ, наемъ помѣщенія для конторы, наемъ сторожа и прочіе расходы	7,375 "
Всего	62,500 р.

При эксплуатаціи ежегодный расходъ составляетъ:

Покупка топлива (угля), смазка, жалованье машинисту, проценты и погашеніе $5\frac{1}{2}\%$ отъ 62,500 руб., мелкій ремонтъ и пр., всего около. 5,000 р.

Или на одинъ гектаръ $\frac{5,000}{1,036} = 4,80$ р.

Въ другой мѣстности ежегодный расходъ, на одинъ гектаръ, составлялъ 7,63 руб. Близъ Бремена, изъ десятилѣтней сложности, при насосахъ устроенныхъ для откачиванія воды съ цѣлью осушенія, ежегодный расходъ, на одинъ гектаръ, составлялъ 4 руб. 30 коп.; при этомъ расходъ топлива (каменнаго угля) въ часть, на одну паровую силу, со-

¹⁾ Принята одна германская марка=50 копѣекъ.

ставлялъ 2,49 килограмма, и онъ понижался даже до 1,48 килограмма.

2. Въ Голландіи, близъ г. Гауда, для перекачиванія воды изъ канала Gaue (Houwe) въ Эйссель (Jssel), устроено шесть колесъ съ деревянною опалубкою, и деревянными плоскими лопатками слѣдующихъ размѣровъ:

Наружный діаметръ колеса.	8 метровъ.
Ширина колеса.	1,73 „
Ширина лопатки	1,30 „
Два колеса имѣютъ по.	12 лопатокъ.
Число оборотовъ въ минуту	4 1/2
Четыре колеса имѣютъ по.	24 лопатокъ.
Число оборотовъ колеса въ минуту .	4

Высота подъема отъ. 1,30 до 1,80 мет.

Первыя два колеса, при одномъ оборотѣ, поднимаютъ 76 куб. метр. воды.

Послѣднія четыре колеса поднимаютъ 152 куб. метр.

Слѣд. всѣ шесть колесъ въ одинъ оборотъ поднимаютъ 228 кубич. метровъ воды.

Колеса помѣщены въ двухъ боковыхъ отдѣленіяхъ каменнаго зданія, посерединѣ котораго находятся двѣ паровыя, горизонтальныя машины, съ конденсаторомъ, каждая въ 147 нарицательныхъ силъ. Давленіе пара 5 атмосферъ. Каждая изъ машинъ приводитъ въ движеніе три колеса. Передача движенія посредствомъ зубчатыхъ колесъ, съ отношеніемъ зубцовъ 4 : 1. Какъ намъ передавали завѣдующіе машинами техники, производительность колесъ съ 24 лопатками больше производительности колесъ съ 12 лопатками.

При высотѣ подъема 1,80 м., работа въ поднятой водѣ четырехъ колесъ составляетъ 240 силъ.

При высотѣ подъема 1,30 м., работа, въ поднятой водѣ, шести колесъ составляетъ 249 силъ.

Въ теченіи года машины работаютъ отъ 36 сутокъ (въ 1895 году) до 94 сутокъ (въ 1889 году), при этомъ колеса работаютъ съ перерывами, обыкновенно съ конца Сентября въ теченіи осени, зимы и весны.

Двѣ машины расходуютъ въ сутки 12 тоннъ, т. е. около 730 пудовъ каменнаго угля.

Первоначально въ 1857 году въ Гауда были построены желѣзные колеса Овермарса, перестроенныя въ 1872 году на колеса нынѣшняго устройства, у которыхъ, въ 1886 году, поставили плоскія лопатки вмѣсто бывшихъ криволинейныхъ.

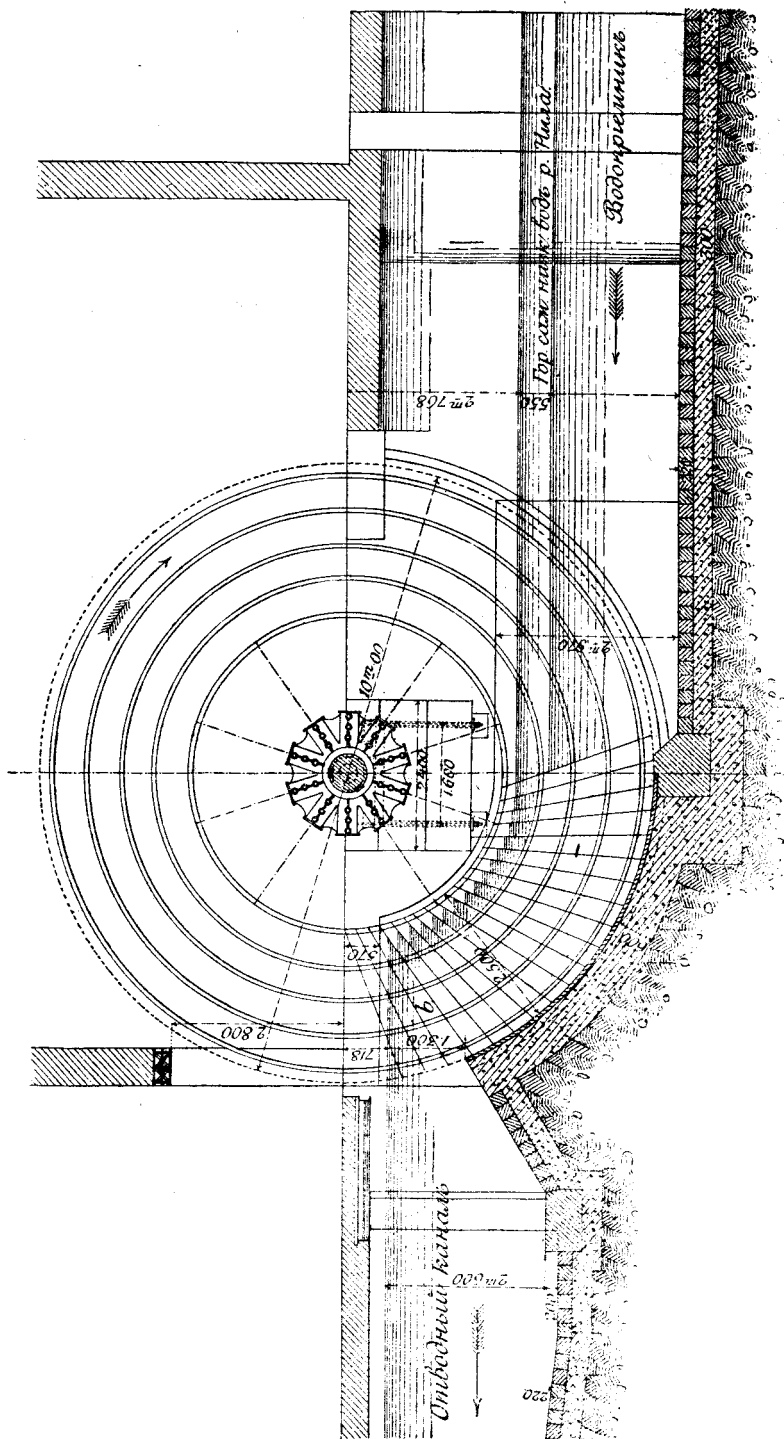
Образцомъ колеса съ плоскими лопатками (Sagebien) можетъ служить колесо діаметромъ 10 метровъ, шириною 3,60 метра, для подъема воды на высоту до 2,60 метр. въ количествѣ 3,247 кубич. метровъ въ секунду. Оно имѣетъ слѣдующее устройство: къ желѣзному валу *AB* (черт. 39, 40, 41 и 42) прикрѣплено пять чугунныхъ розетокъ *CD*; каждая изъ розетокъ служитъ для укрѣпленія въ ней, посредствомъ болтовъ, десяти желѣзныхъ ручекъ *CE*, *DF*. Къ свободнымъ концамъ ручекъ прикрѣплены болтами желѣзный ободъ *EF* изъ толстаго полосоваго желѣза, служащій для укрѣпленія лопатокъ, которыя вслѣдствіе своей значительной ширины требуютъ прочныхъ связей. Эти связи состоятъ въ слѣдующемъ: къ ободу *EF* приклепано столько уголковъ *EG*, сколько предполагается имѣть лопатокъ, въ данномъ случаѣ 80; эти уголки соединены между собою четырьмя желѣзными полосами *H*, *I*, *K*, *L*, образующими четыре круга. Къ уголкамъ прикрѣплены деревянные лопатки изъ сосновыхъ досокъ, равныя ширинѣ колеса, въ данномъ случаѣ 3,60 метра.

Для того, чтобы колесо хорошо работало, необходимо, чтобы лопатки входили въ воду безъ удара и выходили изъ нея, не захватывая воды. Это условіе достигается положеніемъ лопатокъ по касательнымъ къ кругу значительно меньшаго діаметра, такъ напр. въ данномъ случаѣ, при діаметрѣ колеса въ 10 метровъ, лопатки расположены по касательной къ окружности, коей діаметръ равенъ 2 метрамъ.

Такія колеса работаютъ помощью паровыхъ машинъ, и передача движенія совершается посредствомъ зубчатыхъ колесъ.

Наружный діаметръ этихъ колесъ обыкновенно значительно больше удвоенной высоты подъема, такъ наприм. при высотахъ отъ 1 до 4 метровъ, онъ составляетъ отъ 5 до 10 метровъ. Главные размѣры бываютъ слѣдующіе:

Черт. 89.



Наружный діаметръ отъ 5 до 10 метр.

Ширина колеса „ 1 до 3,60 „

Ширина лопатки „ 0,70 до 2,40 „

Число лопатокъ „ 28 до 80.

Скорость на окружности . „ 1 м. до 1,75 метра.

Колесо помѣщаютъ въ каменномъ руслѣ (черт. 42) соблюдая, чтобы зазоръ, между каменными стѣнками и боковыми ребрами лопатокъ, былъ не больше 0,01 метра съ каждой стороны, и чтобы зазоръ, между наружнымъ ребромъ лопатки и дномъ русла, не превосходилъ 0,005 метра.

На производительность колеса вліяетъ расположеніе уровня воды въ приводномъ руслѣ и отводномъ каналѣ, а также (черт. 39) расположеніе ребра, отдѣляющаго русло, въ которомъ вращается колесо отъ отводнаго канала. Первое обстоятельство устраняютъ, располагая въ отводномъ каналѣ наклонный щитъ, который открываютъ на нѣкоторую высоту, въ зависимости отъ глубины погруженія лопатокъ. Ребро должно бы быть такъ расположено, чтобы вода въ промежуткѣ *b*, между двумя лопатками, находилась на одномъ уровнѣ съ водою отводнаго канала.

Принимая во вниманіе обозначенія, приведенныя на стр. 44 и называя чрезъ *a* глубину погруженія лопатокъ, измѣренную отвѣсно, теоретическое количество воды, поднимаемое колесомъ, въ единицу времени, опредѣляется по формулѣ

$$Q = \mu \cdot \pi \frac{[d^2 - (d - 2a)^2]}{4} \cdot b \frac{n}{60}$$

или

$$Q = \mu \cdot b \frac{[d^2 - (d - 2a)^2]}{4} \cdot \frac{v}{d}$$

гдѣ μ есть коэффициентъ, зависящій отъ положенія лопатокъ. Принимаютъ этотъ коэффициентъ равнымъ 0,90; въ дѣйствительности же онъ измѣняется въ зависимости отъ глубины погруженія лопатокъ. Называя чрезъ *e* толщину лопатки, и предполагая ее одинаковою для всѣхъ лопатокъ, числомъ *N*, этотъ коэффициентъ опредѣляется изъ формулы

$$\mu = \frac{\pi (d - a) - Ne}{\pi (d - a)}$$

Объемъ воды, опредѣленный по приведенной формулѣ долженъ быть однако уменьшенъ вслѣдствіе слѣдующаго:

1. При входѣ воды на колесо и выходѣ изъ послѣдняго происходитъ нѣкоторая потеря напора, которая выражается формулою:

$$h_1 = 2 \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{g}$$

гдѣ $g=9,88$ метр. ускореніе силы тяжести v скорость на окружности; полагая послѣднюю равною 1 метру, эта потеря будетъ:

$$h_1 = \frac{v^2}{g} = 0,102 \text{ метра.}$$

2. Вслѣдствіе тренія воды о русло, происходитъ точно также нѣкоторая потеря напора, которая выражается формулою.

$$h_2 = i \lambda$$

гдѣ

$$i = \frac{p}{\omega} \cdot b_1 u^2$$

p подводный периметръ,

ω площадь живаго сѣченія русла,

u скорость равная въ данномъ случаѣ одному мет.,

$$b_1 = 0,00015 \left(1 + \frac{0,03 \cdot p}{\omega} \right),$$

3. Наконецъ чрезъ зазоры между колесомъ и русломъ происходитъ потеря нѣкотораго объема воды, опредѣляемая по формулѣ:

$$P = m (bz + 2az') \sqrt[2]{2g} \frac{d}{2v} \sqrt[2]{\frac{2\pi \left(\frac{d}{2} - a \right)}{N}} \int_0^{a'} (\sin A)^{1/2} dA$$

гдѣ

m 0,70 коэффициентъ сжатія при истеченіи чрезъ отверстіе,

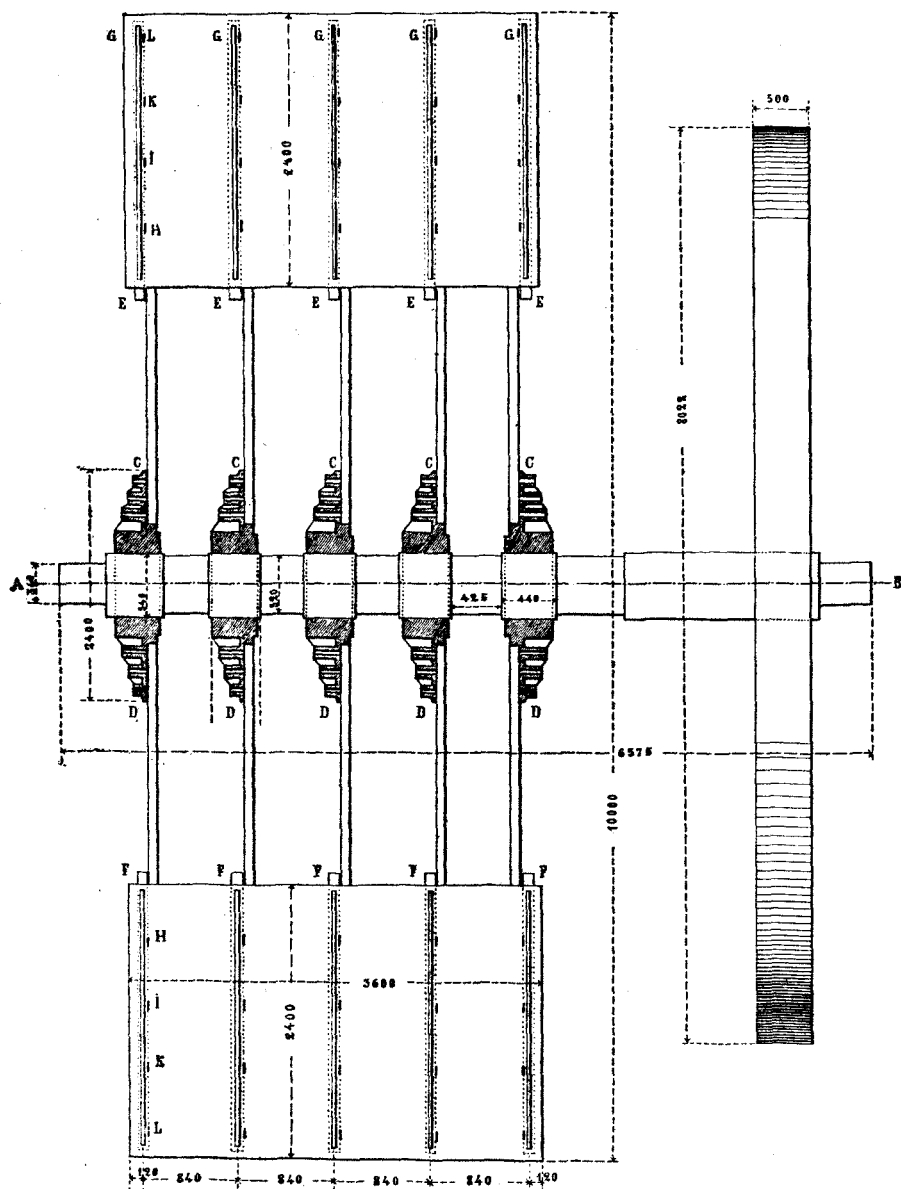
b ширина колеса,

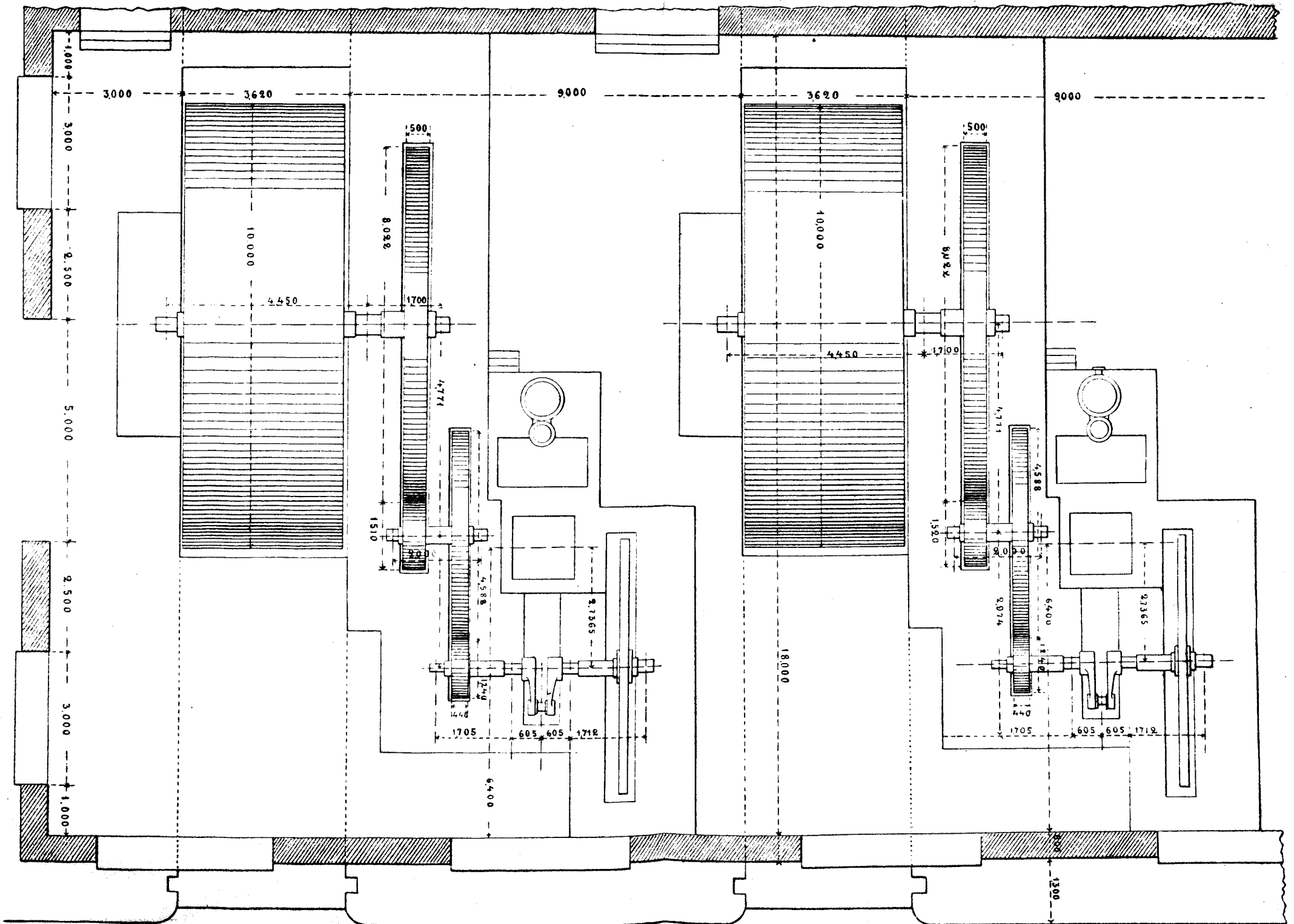
z, z' зазоры между русломъ и колесомъ,

dA дуга при радіусѣ равномъ единицѣ, измѣряющая уголъ, отвѣчающій безконечно малой дугѣ, проходимою лопаткою въ безконечно малое время dt ,

a' дуга при радіусѣ равномъ единицѣ, отвѣчающая углу при центрѣ для криволинейнаго дна.

Черт. 41.





Эта послѣдняя потеря объема оказывается наибольшею для самаго высокаго положенія горизонта воды въ приводномъ руслѣ и отводномъ каналѣ.

Принимая во вниманіе эти потери въ дѣйствительности вмѣсто объема Q будетъ поднять объемъ воды:

$$Q' = Q - P$$

причемъ колесо должно поднять объемъ Q на высоту:

$$H' = H + h_1 + h_2.$$

И работа двигателя, въ одну секунду, будетъ:

$$T = \gamma \cdot Q \cdot H'$$

гдѣ γ вѣсь единицы объема воды;

работа поднятой воды будетъ:

$$T_1 = \gamma \cdot Q' \cdot H$$

откуда получаемъ коефіціентъ полезнаго дѣйствія колеса:

$$\eta = \frac{T_1}{T} = \frac{Q' H}{Q H'}.$$

Въ хорошо устроенныхъ колесахъ дѣйствительно поднятый объемъ воды Q' составляетъ около 0,80 Q .

Коефіціентъ полезнаго дѣйствія около 0,70.

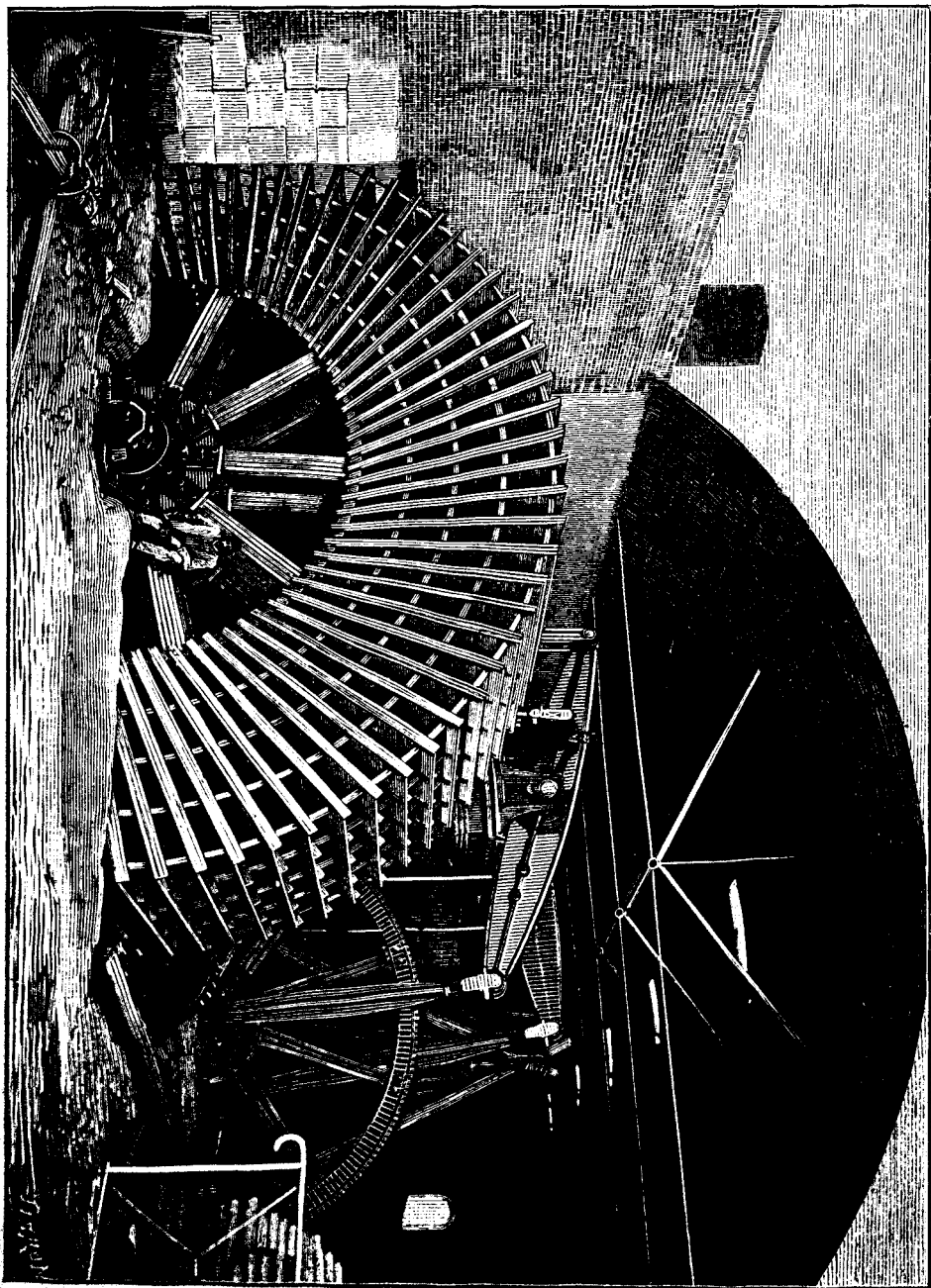
Изъ числа построенныхъ колесъ, приводимъ здѣсь нѣсколько примѣровъ наиболѣе выдающихся и въ послѣднее время устроенныхъ колесъ для цѣлей орошенія и осушенія.

1. Примѣромъ колеса съ плоскими лопатками можетъ служить колесо, изображенное на прилагаемыхъ двухъ рисункахъ 43 и 44 и на чертежахъ 39—42, устроенное въ 1885 году въ Египтѣ, близъ Александріи, при селеніи Афтэ, представляющее собою одинъ изъ восьми механизмовъ, построенныхъ для подъема, въ сутки, до двухъ милліоновъ кубическихъ метровъ воды Нила въ каналъ Махмудіе, для орошенія земель провинціи Бегера и снабженія водою города Александріи.

Всѣ восемь колесъ раздѣлены на двѣ группы:

а) при прежнихъ паровыхъ машинахъ (рис. 43) находятся четыре колеса одинаковаго діаметра, а именно 10 метровъ каждое, ширина двухъ колесъ по 3 метра, а два другія колеса имѣютъ ширину по 3,60 метра. Длина лопатокъ 2,50 метра; въ періодъ низкихъ водъ погруженіе ихъ въ водѣ составляетъ 1,70 метра. Скорость на окружности колеса 1,20 метра, что отвѣчаетъ 2,29 оборотамъ въ минуту. Лопатки, числомъ 80, распо-

Черт. 43.



ложены по касательнымъ къ кругу, коего діаметръ равенъ двумъ метрамъ; толщина сосновыхъ лопатокъ 25 миллиметровъ.

Эти колеса установлены въ каменномъ руслѣ, коего концентрическая часть дна тщательно выложена чугунными досками, такъ, что зазоръ между колесомъ и русломъ доведенъ до 5 миллиметровъ.

б) при вновь поставленныхъ машинахъ компаундъ (рис. 44), нааходятся четыре колеса одинаковыхъ размѣровъ, а именно наружный діаметръ колеса равенъ 10 метрамъ, ширина колеса 3,60 метра; длина лопатокъ 2 метра и глубина погруженія во время низкихъ водъ р. Нила 1,20 метра. Скорость на окружности колеса 0,90 метра, что отвѣчаетъ 1,91 оборотамъ колеса въ одну минуту.

При самой низкой водѣ въ рѣкѣ, всѣ восемь колесъ подавали въ сутки, т. е. въ 24 часа 2.922,708 кубическихъ метровъ воды.

2. Съ 1894 года, въ Голландіи, близъ г. Амстердама, при Оранскомъ шлюзѣ (Oranien Schleuse) на каналѣ, соединяющемъ Амстердамъ съ Эй-Мейденъ, въ Шеллингвудѣ, для пониженія горизонта воды въ этомъ каналѣ, устроено шесть колесъ съ плоскими лопатками. Во время нашего осмотра, въ Августѣ 1898 года, эти колеса представлялись въ слѣдующемъ видѣ: въ двухъ боковыхъ отдѣленіяхъ каменнаго зданія, по срединѣ котораго помѣщены паровыя машины, находится шесть водоподъемныхъ колесъ, т. е. по три колеса въ каждомъ изъ двухъ отдѣленій. Эти колеса имѣютъ цѣлью перекачивать воду изъ канала Эй (YJ) въ Сойдерсе, при наибольшей высотѣ подъема до 1,70 метра и при средней высотѣ подъема 0,55 метра.

Каждое изъ колесъ способно поднять 410 кубич. метровъ воды въ одну минуту, при 4,3 оборотахъ колеса въ тоже время; въ случаѣ-же крайней необходимости колесо рассчитано на подъемъ 590 кубич. метр. воды, въ одну минуту, при 5,9 оборотахъ въ тоже время.

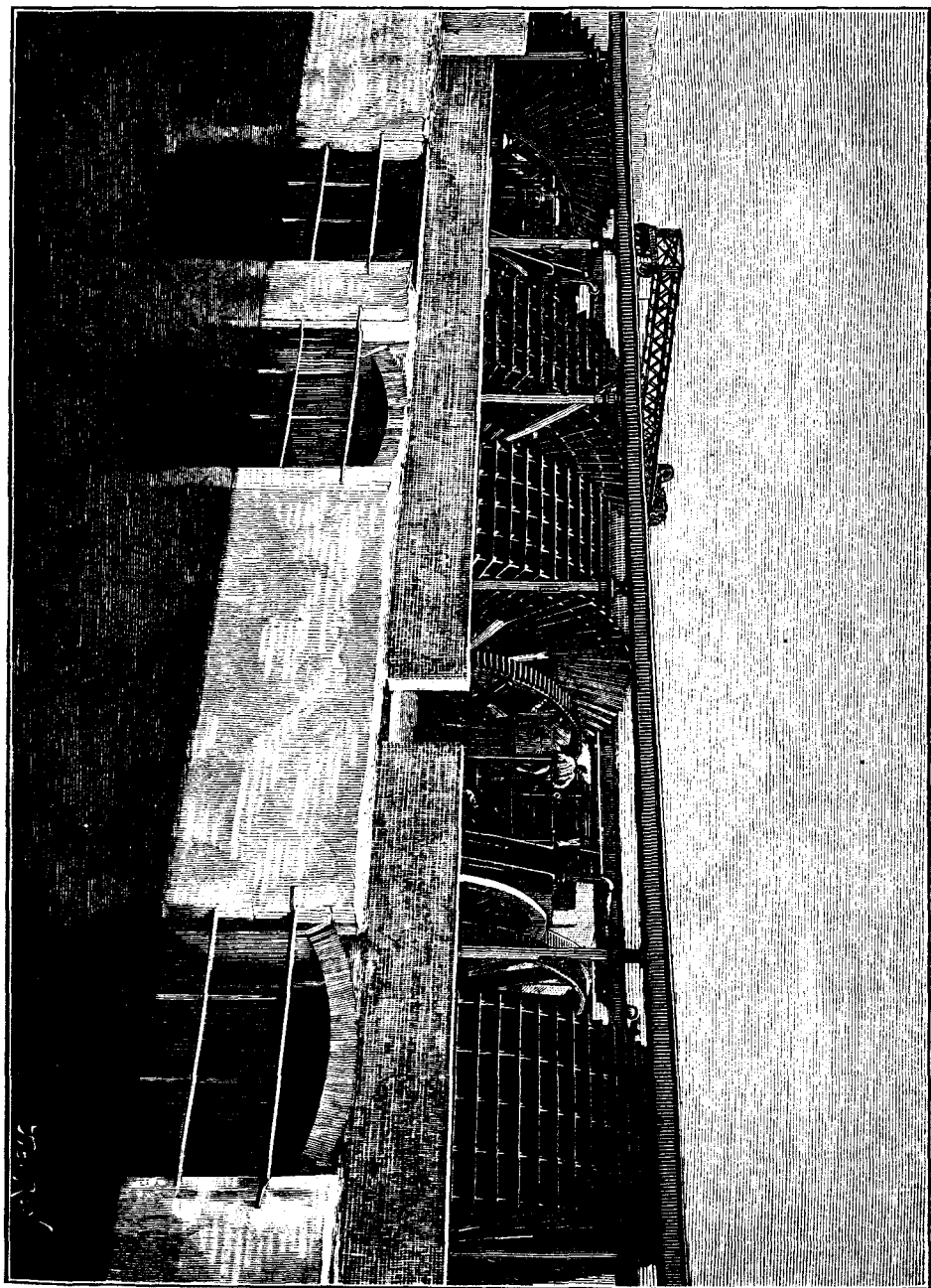
Наружный діаметръ колеса 8,50 метровъ

Ширина колеса 3,00 „

Діаметръ окружности, по которой при-

крѣплены лопатки 2,34 „

Черт. 44.



Число лопатокъ 24

Глубина погруженія лопатокъ 1,85 метровъ

Колесо состоитъ изъ трехъ чугунныхъ розетокъ, къ которымъ прикрѣплено по шесть ручекъ, соединенныхъ по окружности желѣзнымъ ободомъ. Между боковыми стѣнками русла и лопаткамъ находится зазоръ въ 0,01 метра съ каждой стороны, а между дномъ русла и лопатками 0,005 метра.

Посерединѣ каменнаго зданія помѣщены двѣ паровыя машины, компаундъ. Одна машина служитъ для трехъ колесъ и, при обыкновенныхъ условіяхъ, развиваетъ до 300 индикаторныхъ силъ.

Передача движения водоподъемнымъ колесамъ устроена посредствомъ чугунныхъ колесъ съ желѣзными стрѣльчатыми зубами, причемъ скорость вращенія уменьшена въ отноше-
ніи 10:1.

Паровые цилиндры высокаго и низкаго давленія снабжены золотниками, составляющими комбинацію парораспре-
дѣлителя Мейера съ парораспре-
дѣлителемъ Фарко.

Главные размѣры машины слѣдующіе:

Діаметр циліндра високого тиску . 0,620 метра.

низкого	I,000
-------------------	-------

Ходъ поршня	1,300	„
-----------------------	-------	---

Толщина шейки рабочего вала 0,260 „

Диаметръ зубчатой шестерни рабочего

вала	1,500	л
----------------	-------	---

Число зубцовъ 36

Діаметръ зубчатого колеса передаточного

вала 4,583 "

Число зубцовъ 110

Діаметръ шестерни того-же вала . . . 1,800

Число зубцовъ 30

Діаметръ зубчатого колеса на валу водо-

подъемных колесъ 6,000 „

Число зубцовъ 100

Толщина шейки вала между зубчатымъ

колесомъ и первымъ водоподъемнымъ . . .	0,430
---	-------

Таже толщина между первымъ и вто-

рымъ колесами	0,380
-------------------------	-------

Таже толщина между вторымъ и третьимъ 0,330

Машины построены въ Бельгiи въ г. Гентѣ, обществомъ Société anonyme du Phoenix за 149.500 голландскихъ гульденовъ. Каждая машина снабжена конденсаторомъ.

При машинѣ по два котла и, кромѣ того, имѣются два запасныхъ котла, всего шесть котловъ.

Поверхность нагрѣва 104 квад. метра.

Рабочее давленіе пара 6 атмосферъ.

Осенью 1895 года съ этими машинами производились испытанія, изъ которыхъ оказалось:

Расходъ каменнаго угля въ часъ, на одну паровую силу отъ 0,84 до 1,15 килогр. ¹⁾.

Изъ одного килограма угля получалось пара " 6,97 до 8,91 "

Расходъ пара въ одинъ часъ на одну индикаторную силу " 7,36 до 8,06 "

Высота подъема воды " 1,560 до 1,570 метра.

Число оборотовъ паровой машины въ минуту " 37,60 до 42,00

Объемъ воды, поднятый въ одну минуту тремя колесами " 1087 до 1208 куб. метр.

Работа машины въ поднятой водѣ T " 53,1 до 118,2 силъ.

Индикаторная работа машины T_1 отъ 126,4 до 298,4 паров. силъ.

Кoefficientъ полезнаго дѣйствія $\eta = \frac{T}{T_1}$ " 0,23 до 0,40

Изъ этихъ испытаній оказалось, что наибольшее полезное дѣйствіе получается при 3,6 до 3,8 оборотахъ колеса въ одну минуту, т. е. при скорости на окружности колеса отъ 1,60 до 1,69 метра въ секунду.

Эти колеса обыкновенно работаютъ въ теченіи осени, зимы и весны, но не непрерывно, а смотря по положенію уровня воды въ каналѣ, и главнымъ образомъ въ зависимости отъ количества выпадающихъ осадковъ.

¹⁾ Одинъ килограмъ=2,44 фунта.

3. Изъ числа колесъ съ плоскими лопатками, небольшого діаметра, укажемъ, на осмотрѣнное нами въ 1898 году, въ Голландіи, близъ города Гауда, въ мѣстности Вилленсъ (Wellens), колесо, служащее для осушенія польдера площадью 450 гектаровъ (одинъ гектаръ составляетъ 0,915 десятины). Чугунное колесо имѣетъ наружный діаметръ 5 метровъ. Оно составлено изъ двухъ рядовъ радіальныхъ ручекъ, къ которымъ на окружности прикрѣплено два обода; эти послѣдніе между собою соединены периферическими ручками, къ которымъ прикрѣплены лопатки.

Внутренній діаметръ колеса . . . 1,20 метровъ.

Ширина колеса 0,38 "

Длина лопатки 1,75 "

Лопатки расположены по радіусамъ.

Число лопатокъ 18.

Толщина деревянной лопатки . . . 0,35 метра и сверху она сплошь покрыта листовымъ желѣзомъ толщиною 5 миллиметровъ.

Число оборотовъ колеса въ минуту 7.

Средняя высота подъема воды 1,25 м.

Подъемное колесо приведено въ движеніе горизонтальною паровою машиною въ 16 нарицательныхъ силъ, съ однимъ цилиндромъ діаметромъ 0,35 метра, при ходѣ поршня 0,85 метра. На желѣзномъ рабочемъ валу, толщиною 16 сантиметровъ укрѣплена шестерня, діаметромъ 0,70 метра, имѣющая 28 зубцовъ; на одномъ валу съ подъемнымъ колесомъ находится чугунное зубчатое колесо, діаметромъ 3,90 метра, снабженное 168 зубцами, такъ, что передача движенія устроена въ отношеніи 6:1.

Расходъ угля въ одинъ часъ 42 килограмма, или въ теченіи 12 часовъ 510 килограммовъ. Въ теченіи года машина работаетъ періодически, не болѣе 3½ мѣсяцевъ, главнымъ образомъ осенью, зимою и весною, обыкновенно начиная съ конца Сентября и до Мая.

Все сооруженіе, т. е. подъемное колесо, паровая машина, котель и каменное зданіе были устроены въ 1881 году за 15,000 гульденовъ (около 12 т. рублей) и съ тѣхъ поръ не нуждались въ ремонтѣ. На покрытіе этихъ расходовъ, ремонтъ и эксплуатацію, участники польдера въ 450

гектаровъ вносятъ ежегодно по 4,75 гульдена съ одного гектара; при этомъ считаютъ, что расходы на механическія устройства должны быть погашены въ теченіи десяти лѣтъ.

Наконецъ изъ числа многихъ существующихъ водоподъемныхъ колесъ послѣднихъ двухъ образцовъ, на слѣдующей таблицѣ приводимъ главные размѣры, высоту подъема, производительность и пр. для металлическихъ колесъ, работающихъ въ восьми мѣстахъ Голландіи, Италіи и Франціи.

НАЗВАНІЕ МѢСТ- НОСТИ.	Высота подъема метровъ.	КО Л Е С О .			Число оборотовъ въ минуту.	Скорость по окру- жности метровъ.	Объемъ воды поднимаемой однимъ коле- сомъ въ одну секунду куб. метровъ.	Число силъ въ па- ровой машинѣ.
		Количество.	Наружный диаметръ метровъ.	Ширина метровъ.				
<i>Колесо съ опалубкою.</i>								
1) Фюнфгаузенъ. . .	1.15—2.30	2	6.40	1.0	3.	1.00	0.56	25
2) Меервейкъ. . . .	3.00—3.50	6	6.80	3.0	4.	1.42	4.30	182
3) Гертогенбошъ . .	0.40—3.00	2	7.00	1.0—20	4.	1.47	—	45
4) Вешфельдъ . . .	0.80—2.70	2	6.60	1.0—20	5.	1.73	1.2 —2.4	—
<i>Колесо съ плоскими лопатками.</i>								
1) Сентъ-Уанъ, близъ Парижа.	3.30	1	10.60	1.21	—	1.57	1.00	65
2) Адрия, близъ Ра- виго (Италія) . .	1.20—3.00	2	12.00	2.	4.	1.30	8.33—10.00	366
3) Роттердамъ . . .	3.50	1	10.20	—	4.40	2.40	1.93	90
4) Катвейкъ при Лей- денѣ.	1.25—2.10	6	9.00	2.45	4.50	2.10	5.60	615

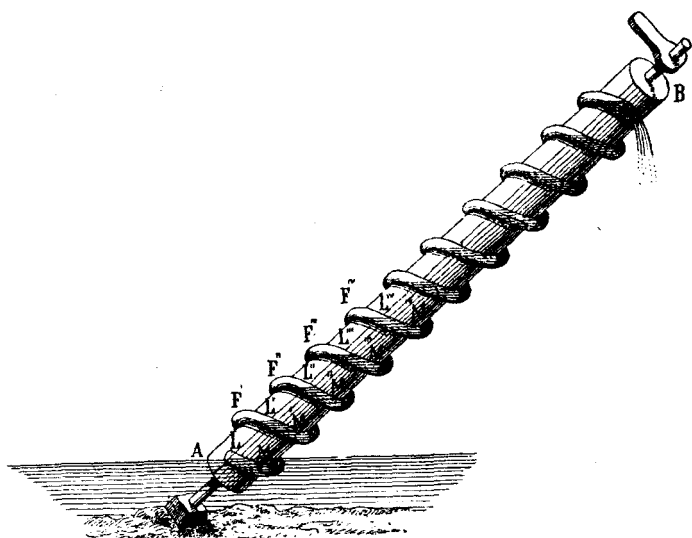
Изъ всего сказаннаго о водоподъемныхъ колесахъ приходимъ къ заключенію, что, посредствомъ двухъ послѣднихъ типовъ, вода поднимается на требуемую высоту, слѣдовательно въ этомъ отношеніи работа двигателя используется правильно. Что же касается выбора между колесами съ опалубкою или съ плоскими лопатками (Sagebien), то нельзя не замѣтить, что, при измѣняющейся высотѣ подъема, послѣдній типъ колесъ менѣе пригоденъ, такъ какъ ихъ полезная работа зависитъ отъ глубины погруженія лопатокъ.

Одинъ изъ недостатковъ этихъ колесъ состоитъ въ медленномъ вращательномъ движеніи, вслѣдствіе чего между паровою машиною и подъемнымъ колесомъ приходится помѣщать передаточный механизмъ, потому что увеличеніе скорости вращенія понижаетъ ихъ полезную работу.

§ 5. Архимедовъ винтъ.

Для подъема воды на высоту до 15 футовъ еще въ древности былъ извѣстенъ приборъ, коего изобрѣтеніе приписываютъ Ар-

Черт. 45.



химеду, хотя нѣкоторые находятъ въ древнемъ Египтѣ слѣды примѣненія архимедова винта. Устройство его слѣдующее:

По поверхности деревяннаго цилиндрическаго стержня, черт. 45, расположена, по винтовой линіи, металлическая трубка АВ. Если стержень съ трубкою однимъ концомъ А погрузить въ воду и, придавъ ему соотвѣтственное наклонное положеніе, посредствомъ рукоятки привести въ вращательное движеніе, то трубка концомъ А зачерпываетъ попеременно воду и воздухъ; вода постепенно поднимается по трубкѣ и, наконецъ, вытекаетъ чрезъ верхнее

отверстіе *В*. Для того, чтобы вода по трубкѣ могла подни-

Черт. 46.

маться, должны быть соблю-
дены извѣстные условія
относительно:

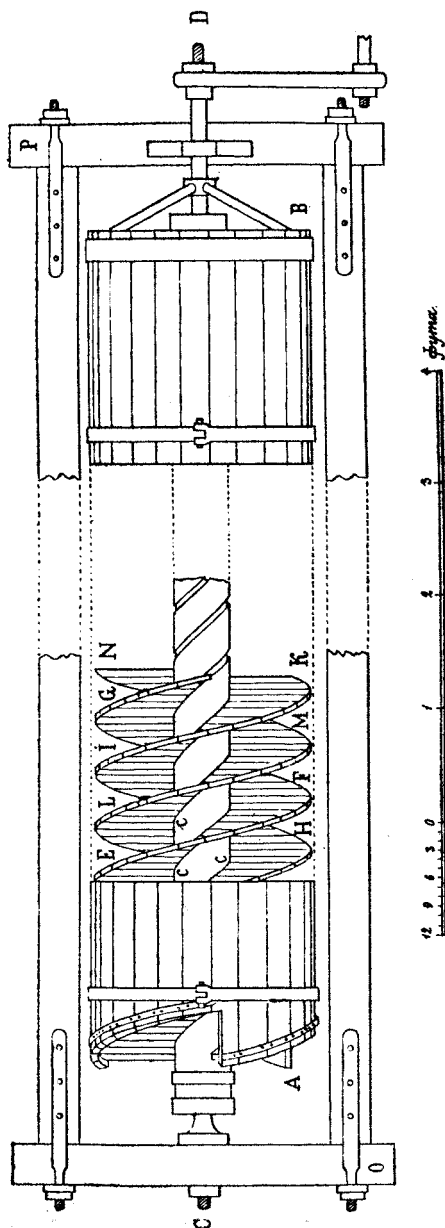
а, угла наклоненія оси
стержня къ горизонту и

б, угла между касатель-
ной къ винтовой линіи и
осью того-же стержня.

Количество поднимае-
мой воды увеличивается,
если, вмѣсто одной, помѣ-
стить на цилиндрической
поверхности нѣсколько по-
добнаго рода металличе-
скихъ трубокъ.

Нынѣ устраиваемый
деревянный архимедовъ
винтъ, черт. 46, состоитъ
изъ деревяннаго досчатаго
барабана *AB*, скрѣпленна-
го нѣсколькими желѣзны-
ми обручами; внутри ба-
рабана, по его оси, нахо-
дится деревянный шпин-
дель *CD*, снабженный же-
лѣзными наконечниками,
образующими ось враще-
нія. Между шпинделемъ и
барабаномъ помѣщена вну-
три одна, или нѣсколько
винтовыхъ поверхностей
EFG, HIK, LMN, образу-
емыхъ изъ тонкихъ кле-
покъ, которыя однимъ кон-
цомъ укрѣпляютъ въ пазу,
вырѣзанномъ, по винтовой
линіи, на поверхности

шпинделя *CD*, другимъ-же концомъ упираютъ въ пазъ,



вырѣзанный по винтовой линіи на внутренней поверхности барабана *AB*. Шпиндель лежитъ на подшипникахъ, укрѣпленныхъ въ деревянной рамѣ *OP*. При погруженіи въ воду этого механизма концомъ *A*, вращая барабанъ, вода посредствомъ винтовыхъ поверхностей поднимается и вытекаетъ чрезъ отверстіе *B* въ верхнемъ концѣ барабана.

Винтъ описываемаго устройства имѣетъ барабанъ діаметромъ 24 дюйма, длиною 20 фут. и его обыкновенно устанавливаютъ такимъ образомъ, чтобы поднимать воду на высоту до 8 футовъ.

Одинъ винтовой оборотъ состоитъ изъ 24 деревянныхъ клепокъ, толщиною около одного дюйма; эти клепки входятъ шипами въ пазъ глубиною $\frac{3}{4}$ дюйма, вынутый по винтовой линіи на шпиндель. Между собою клепки соединены посредствомъ вставныхъ шиповъ, и другимъ концомъ входятъ въ пазъ глубиною $\frac{1}{2}$ дюйма, вынутый на внутренней поверхности барабана. Доски, образующія барабанъ, бывають шириною отъ 3 до 5 дюймовъ и толщиною отъ $1\frac{1}{2}$ до 2 дюймовъ; желѣзныя обручи обыкновенно размѣщаютъ на взаимномъ разстояніи около двухъ футовъ. Клепки для винтовыхъ поверхностей готовятъ обыкновенно одного образца, по шаблону, такъ что соединеніе ихъ между собою, или замѣна испортившихся другими не связаны съ особыми затрудненіями.

Объемъ поднимаемой воды можетъ быть увеличенъ введеніемъ нѣсколькихъ винтовыхъ поверхностей, число которыхъ имѣетъ однако предѣлъ, а именно между горизонтомъ воды одной дуги и винтовою поверхностью слѣдующей дуги должно оставаться нѣкоторое воздушное пространство, такъ чтобы находящаяся въ винтѣ вода не раздѣляла воздуха на части, не имѣющія сообщенія ни между собою, ни съ наружнымъ воздухомъ, потому что тогда можетъ произойти пониженіе давленія воздуха внутри барабана, въ случаѣ напр. когда винтъ погруженъ въ воду болѣе необходимаго. Вслѣдствіе этого воздухъ врывается въ внутрь винта и производитъ вредныя для его дѣйствія колебанія воды.

Діаметръ шпинделя обыкновенно принимаютъ равнымъ около $\frac{1}{3}$ діаметра барабана, который устраивають величиною въ $1\frac{1}{12}$ длины барабана; при меньшихъ діаметрахъ

дѣлають двѣ винтовыя поверхности, при большихъ діаметрахъ къ шпинделю прикрѣплены три и четыре винтовыхъ поверхности.

Для цѣлей осушенія въ Голландіи примѣняютъ винты длиною 10 метровъ при діаметрѣ барабана до 1,75 метра, и, для избѣжанія прогиба, подъ барабанъ помѣщаютъ чугунныя катки.

Производительность архимедова винта въ значительной степени зависитъ отъ глубины погруженія въ воду основанія барабана; ниже приведенъ расчетъ погруженія, здѣсь-же прибавимъ, что это погруженіе составляетъ на практикѣ отъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$ радіуса барабана.

Скорость на окружности не должна превосходить известнаго предѣла, а именно 2,25 метра, такъ что число оборотовъ винта n въ минуту должно быть $n < \frac{21}{R}$.

Коефициентъ полезнаго дѣйствія винта колеблется отъ 0,64 до 0,85.

Двигателемъ при винтѣ бываетъ мускульная сила рабочихъ, или другіе двигатели, чаще всего вѣтряные и паровые; рабочіе обыкновенно работаютъ при наклонной рукояткѣ, вслѣдствіе чего не вполне правильно утилизируется ихъ сила.

Изъ опытовъ найдено, что винтъ діаметромъ 0,49 м., длиною 5,85 метр., наклоненный къ горизонту подъ угломъ 35° , при 40 оборотахъ въ минуту и, девяти рабочихъ смѣняемыхъ каждые два часа, могъ поднять, въ одинъ часъ, 45 куб. метр. воды на высоту 3,30 метровъ.

Количество воды, поднимаемое посредствомъ винта, Эйтельвейнъ опредѣляетъ слѣдующимъ образомъ:

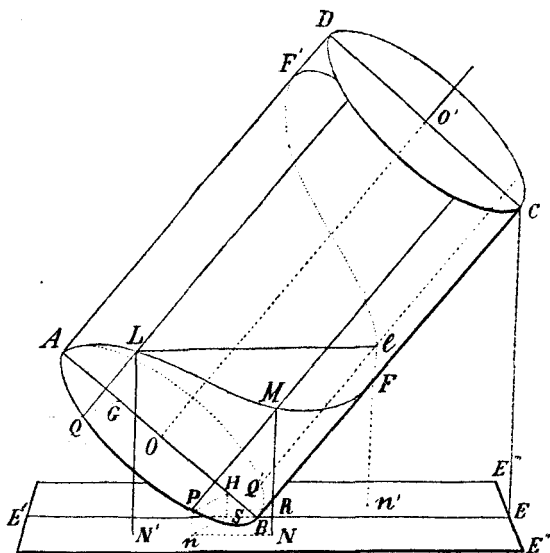
Обратимся къ условіямъ передвиженія воды по металлической трубкѣ, черт. 44, расположенный по винтовой линіи, на цилиндрической поверхности.

Пусть $АFF'$ изображаетъ первый винтовой оборотъ, то въ немъ вода можетъ держаться при условіи, чтобы часть оборота M была ниже предыдущей части L ; въ противномъ случаѣ вода въ трубкѣ не удержится (шарикъ брошенный въ верхнее отверстіе трубки B пробѣжитъ чрезъ всѣ винтовые обороты и выскочитъ внизу чрезъ A). При вращеніи

шпинделя вода, наполняющая часть первого оборота AFF' , передвигается въ слѣдующій оборотъ и, такъ какъ точки $M, M', M''...$, лежатъ ниже точекъ $S, S', S''...$, то вода постепенно поднимается и наконецъ выливается чрезъ отверстіе B . Очевидно подъемъ воды зависитъ:

- а. отъ угла наклоненія оси шпинделя къ горизонту, и
- б. отъ угла между касательною къ винтовой линіи и тою же осью шпинделя.

Черт. 47.



Постараемся опредѣлить эту зависимость. Пусть $ABCD$, черт. 47, изображаетъ часть шпинделя архимедова винта и линія $ALFF'$ ось первого винтоваго оборота трубочки весьма малаго діаметра. Проведемъ горизонтальную плоскость EE' чрезъ низшую точку B основанія стержня и опредѣлимъ $MN=y$ возвышеніе точки M на оси, надъ плоскостью EE' .

Назовемъ чрезъ:

α уголъ QAL между касательными къ винтовой линіи AM и къ дугѣ круга AQ основанія шпинделя,

β уголъ CBE , наклоненія оси OO' къ горизонтальной плоскости EE' .

R радиусъ основанія, считая отъ оси шпинделя до оси трубки

x дугу при радиусѣ равномъ единицѣ, отвѣчающую дугѣ AP , гдѣ P есть проекція точки M на плоскость основанія шпинделя, такъ что дуга $AP = Rx$.

Имѣемъ

$$PM = R \cdot x \operatorname{tg} \alpha$$

$$MR = PM \cdot \sin \beta = Rx \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta$$

затѣмъ

$$y = MN = MR + RN = Rx \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta + BH \cos \beta$$

но, такъ какъ

$$BH = 2R - AH = 2R - R(1 - \cos x) = R + R \cos x$$

слѣд. искомое возвышеніе точки M надъ горизонтальною плоскостью EE' будетъ

$$y = MN = Rx \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta + R(1 + \cos x) \cos \beta \quad (1).$$

Значеніе для x , при которомъ разстояніи $MN = y$ будетъ кратчайшимъ, т. е. минимумъ, опредѣляетъ положеніе низшей точки перваго винтоваго оборота; значеніе для x , при которомъ $MN = y$ будетъ максимумъ опредѣляетъ положеніе высшей точки перваго оборота надъ плоскостью EE' .

Возьмемъ первую производную отъ y по x , получаемъ:

$$\frac{dy}{dx} = R \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta - R \sin x \cdot \cos \beta \quad \dots (2)$$

вторая производная будетъ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -R \cdot \cos x \cos \beta \quad \dots (3)$$

слѣд. для положительныхъ значеній $\cos x$ послѣднее выраженіе остается отрицательнымъ, и получается максимумъ, котораго имѣемъ, когда x относится къ первой или четвертой четверти круга, считая отъ A . Для отрицательныхъ значеній $\cos x$, т. е. когда x относится къ второй или къ третьей четверти, считая отъ A , получается минимумъ.

Приравнивая первую производную (2) къ нулю получаемъ

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta = \sin x \cos \beta$$

откуда

$$\sin x = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \quad \dots (4)$$

Чтобы x относилось къ третьей или къ четвертой четверти, $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta$ должно быть отрицательнымъ, чего быть не

можетъ, слѣд. x не можетъ никогда находиться въ 3-ей и 4-ой четвертяхъ, и максимумъ и минимумъ можетъ быть только въ первой или во второй четверти.

Изъ уравненія (4) имѣемъ, что, такъ какъ $\sin x$ не можетъ быть больше единицы, то слѣд.

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \leq 1$$

или

$$\alpha + \beta \leq 90^\circ$$

т. е. для того чтобы по трубкѣ вода могла подниматься, необходимо чтобы сумма угловъ $\alpha + \beta$ была меньше 90 градусовъ.

Если M ближайшая и L наиболѣе удаленная отъ плоскости EE' точки на оси винтовой линіи для перваго оборота, то, представивъ себѣ, вмѣсто осевой линіи AMF , тонкую трубку, и проведя LL параллельно EE' , получаемъ, что эта послѣдняя линія LL отрѣзываетъ, такъ называемую, водоудерживающую дугу LMF .

Проведемъ QG перпендикулярно къ діаметру основанія AB , то оказывается, что при вращеніи, трубка захватываетъ наибольшій объемъ воды, при условіи, если горизонтъ воды въ пріемномъ руслѣ доходитъ до точки G .

Разстояніе AG легко опредѣляется для каждаго положенія винта, а именно, называя $AO = R$ и дугу $AQ = R\delta$, получаемъ

$$AG = R(1 - \cos \delta)$$

Длина L водоудерживающей дуги LMF опредѣляется изъ формулы

$$L = \frac{R(\lambda - \delta)}{\cos \alpha}$$

гдѣ

δ есть дуга, при радіусѣ равномъ единицѣ, отвѣчающая дугѣ основанія AQ

λ есть длина дуги, при радіусѣ равномъ единицѣ, отвѣчающая дугѣ основанія $APBQ'$, и

$$\lambda = 3,1416 - T + \sqrt{(2 + 2A + T^2 6,283 T)}$$

причемъ

$$T = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta = \sin x$$

$$A = \delta T + \cos \delta.$$

Примѣръ. Возьмемъ $tg \alpha = 1$ и $tg \beta = 3/4$, т. е. $\alpha = 45^\circ$ и $\beta = 36^\circ 52'$,

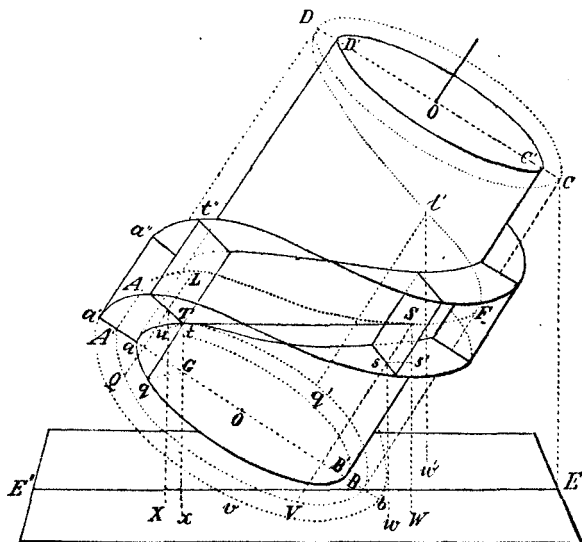
$T = \sin \delta = 3/4$; $\cos \delta = 0.66153$ и дуга $\delta = 0.84795$, слѣд. $A = 1.29749$, при $R = 1$,

$$\lambda = 3.0588$$

и длина водоудерживающей дуги

$$L = \frac{3.0588 - 0.84795}{\cos 45^\circ} = 5.1266.$$

Черт. 48.



Приведенныя соображенія относятся къ весьма тонкимъ трубкамъ; для винтовъ, имѣющихъ прямоугольное поперечное сѣченіе могутъ быть приведены слѣдующія разсужденія: пусть $A'B'C'D'$, черт. 48, изображаетъ цилиндръ, на котораго поверхности находится ось винта $ALS'F'$; A центр тяжести входнаго отверстія $aa'a''$, и $a'B'C'D'$ поверхность шпинделя наклоненнаго къ горизонтальной плоскости EE' подъ угломъ $CBE = \beta$. Плоскость основанія $a'vba'$ проходитъ чрезъ ребро aa' отверстія винта. Проведемъ плоскость $Tt|Lt''$ чрезъ высшую

точку первого оборота оси винта и чрезъ ось OO , тогда t будетъ низшая точка пересѣченія этой плоскости съ нижнею плоскостью винта; чрезъ точку t проведемъ горизонтальную плоскость St , пересѣкающую ось винта въ точкахъ S и t' .

Для весьма тонкой трубки, начало водоудерживающей дуги было бы въ L , въ настоящемъ же случаѣ вода будетъ вытекать до горизонта tS , слѣд. безъ большой погрѣшности можно принять, что начало водоудерживающей дуги будетъ короче на длину LS , и дѣйствительная водоудерживающая дуга была бы SFt' .

Назовемъ чрезъ:

$a = a' a''$ высоту входнаго отверстія,

$b = a' a'$ ширину „ „ отверстія.

$R = OA'$ радіусъ круга для оси винта

$\delta + \sigma$ есть дуга при радіусѣ равномъ единицѣ, отвѣчающая дугѣ $A'V$ на плоскости основанія, такъ что дуга $A'V = R (\delta + \sigma)$

и дуга $QV = R. \sigma$

потому что дуга $A'Q = R. \delta$.

Для случаевъ, гдѣ $\delta + \sigma$ мало отличаются отъ $\frac{\pi}{2}$, какъ это бываетъ большею частью на практикѣ, значеніе для σ можетъ быть опредѣлено изъ уравненія:

$$\delta + \sigma = \frac{\pi}{2} + \varphi$$

гдѣ:

$$\sin \varphi = \frac{\frac{1}{2} \sin \delta - B}{1 - \sin \delta}$$

и въ этой формулѣ:

$$B = \cos \delta - \frac{b \cos \delta}{2 R} - \frac{a \operatorname{tg} \beta}{2 R} + \delta \sin \delta$$

φ можетъ быть и отрицательнымъ; въ такомъ случаѣ служить формула:

$$\delta + \sigma = \frac{\pi}{2} - \varphi.$$

Зная, кромѣ того λ , т. е. дугу при радіусѣ равномъ

единицѣ, отвѣчающую дугѣ $A'QVBq'$ на плоскости основанія, т. е.

$$\lambda = 3,1416 - \sin \delta + \sqrt{(2 + 2 B + \sin \delta^2 - 6,283 \sin \delta)}$$

гдѣ $B = \lambda \sin \delta + \cos \lambda$.

Длина водоудерживающей дуги опредѣляется по формулѣ:

$$L = \frac{R (\lambda - \delta - \sigma)}{\cos \alpha}.$$

Назовемъ площадь входнаго отверстія $ab = \omega$ то объемъ воды q , зачерпываемый при каждомъ оборотѣ въ

$$q = \omega L = \omega R \frac{(\lambda - \sigma - \delta)}{\cos \alpha}.$$

предположеніи, что горизонтъ воды доходитъ до точки G и что вращеніе происходитъ медленно такъ, что дуга вполнѣ наполняется водою будетъ.

При m оборотахъ шпинделя въ минуту, объемъ будетъ

$$q' = m \omega L.$$

и, если скорость вращенія $m = \frac{60}{t}$, то объемъ воды, поднимаемый въ одну секунду будетъ:

$$Q = \frac{60}{t} \cdot \omega L.$$

Эта формула служить для опредѣленія объема воды, поднимаемой архимедовымъ винтомъ при одной винтовой поверхности; если-же употребляютъ шпиндель или барабанъ, состоящій изъ нѣсколькихъ трубокъ или поверхностей, то вычисленный по формулѣ объемъ воды необходимо помножить на число послѣднихъ.

Разстояніе Ga' , на плоскости основанія, при $Oa = g$, опредѣляется по формулѣ

$$Ga' = b + r (1 - \cos \delta)$$

Примѣръ. Винтъ состоитъ изъ двухъ поверхностей. Пусть будутъ углы:

$$\alpha = 11^\circ 39' \text{ и } \beta = 50^\circ$$

$$R = 2,16 \text{ дюймовъ}$$

$$a = 1,15 \text{ и } b = 1,62 \text{ дюймовъ.}$$

Опредѣлить q и Ga' .

Имѣемъ:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,24572 = \sin \delta = \sin 14^{\circ} 13'$$

$$\cos \delta = 0,96937.$$

$$\text{Дуга } \delta = 0,24812.$$

$$B = 0,96937 - 0,36351 - 0,31725 + 0,06096 = 0,34957$$

$$\lambda = 3,1416 - 0,24572 + 1,10252 = 3,99840$$

затѣмъ

$$\sigma + \delta = 1,61908.$$

слѣдовательно

$$L = \lambda - \sigma - \delta = 2,37932$$

и объемъ водоудерживающей дуги.

$$q = 1,15 \times \frac{1,62 \times 2,16 \times 2,37932}{\cos \alpha} = 9,776 \text{ кубич. дюйм.}$$

и при двухъ винтовыхъ поверхностяхъ: $2 \times 9,776 = 19,15$ кубич. дюймовъ.

$$\text{Разстояніе } Ga' \text{ опредѣляется такъ: } p = R - \frac{1}{2} b = 1,35$$

слѣдовательно:

$$Ga' = 1,62 + 1,35 (1 - \cos \delta) = 1,6613 \text{ дюймовъ.}$$

Статическій моментъ водоудерживающей дуги, стремящейся повернуть винтъ, выражается формулою

$$M = P \cdot R \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta,$$

но такъ какъ $P = \gamma \cdot \omega L$, гдѣ γ вѣсъ единицы объема воды, то

$$M = q \cdot RL \cdot \omega \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\text{и, подставляя } \omega L = \frac{Q \cdot t}{60}$$

получаемъ

$$M = \frac{\gamma}{60} R Q t \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta.$$

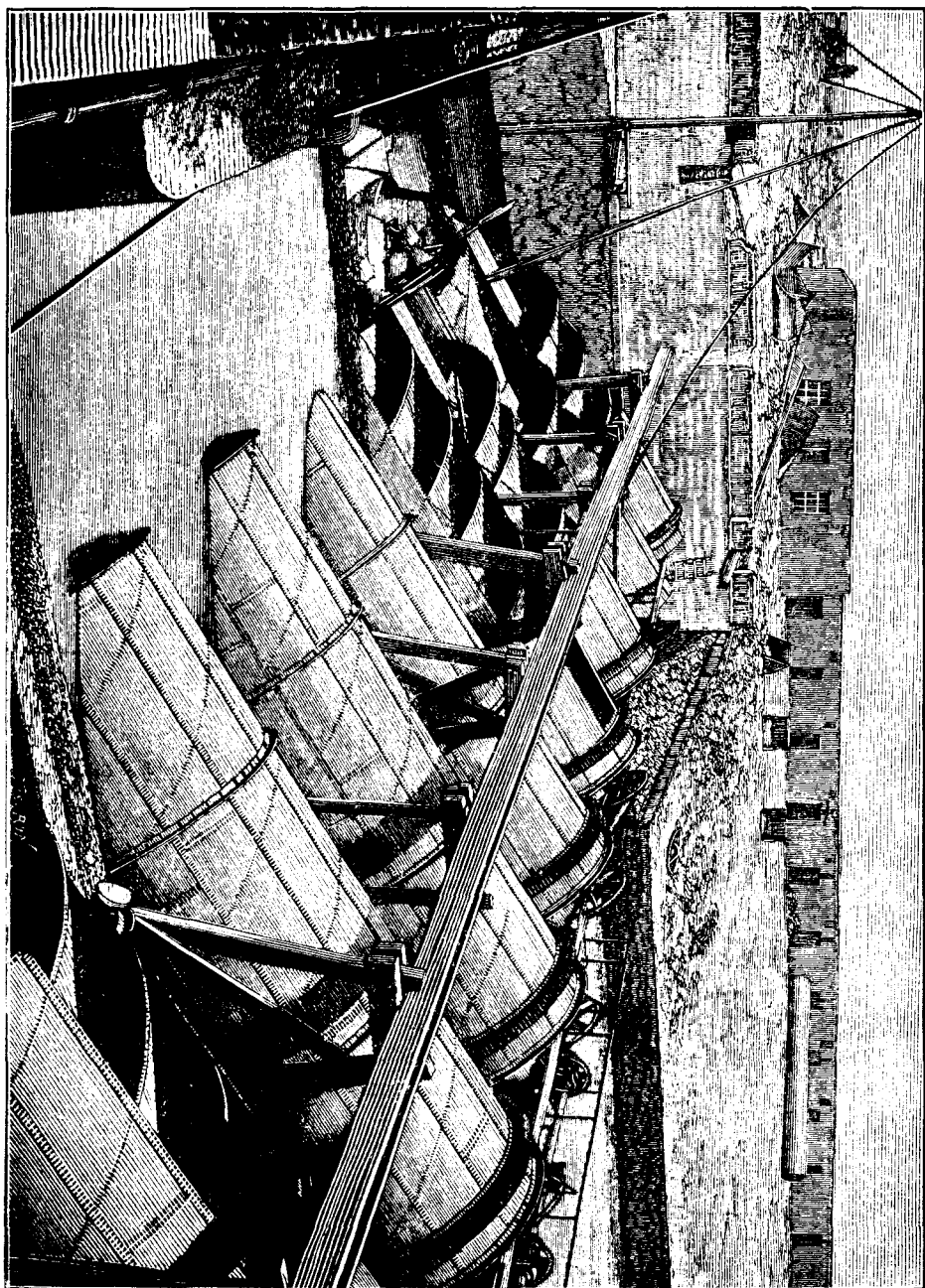
Наконецъ, условіе непрерывнаго соединенія частей воздуха заключающихся между двумя смежными винтовыми поверхностями выражается формулою

$$n = \frac{2 \pi R \operatorname{tg} \alpha}{2 R \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha + e}$$

гдѣ

$$\varphi = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta$$

и e кратчайшее разстояніе отъ горизонта воды одного оборота до стѣнки слѣдующаго оборота.



Полагая $\beta = 30^\circ$, $\alpha = 45^\circ$ и $r = 3 R$ гдѣ r радіусъ барабана, при $e = 0,0328$ фут. (0,01 метра) получаемъ:

$$n = \frac{2,094 R}{0,41 R + 0,0328}$$

откуда число винтовыхъ поверхностей n :

$n \leq 3$. . при $R < 0,0289$ фут.

$n \leq 4$. . при $R = 0,0289$ до $R = 3,802$ фут.

$n \leq 5$. . при $R > 3,802$ фут.

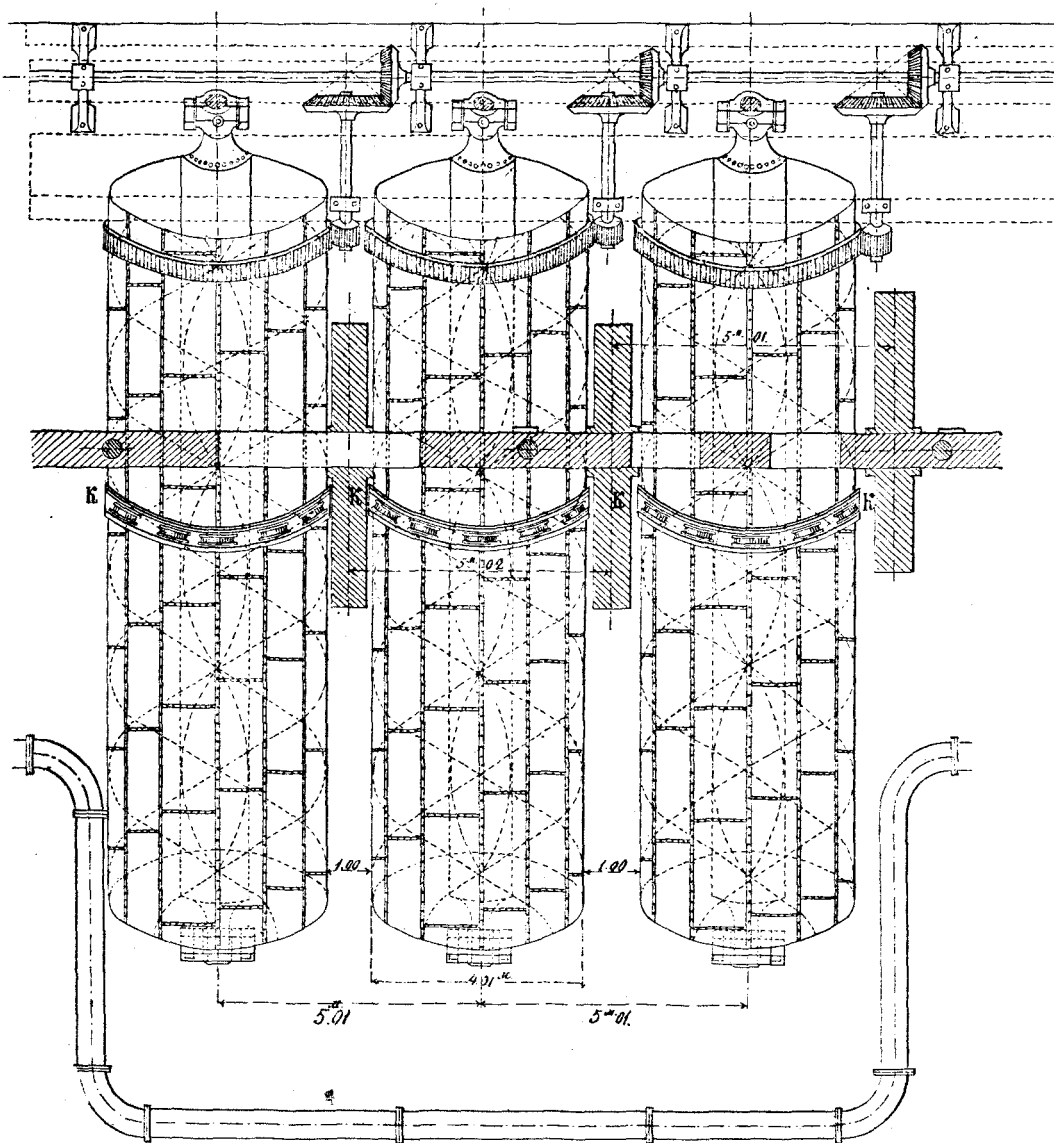
Примѣромъ устройства большихъ архимедовыхъ винтовъ служатъ винты, установленные въ нижнемъ Египтѣ, близъ Кататбѣ, для подъема воды изъ Розетскаго (западнаго) рукава рѣки Нила, съ цѣлью орошенія земель провинці Бегера, посредствомъ канала Кататбѣ. Питаніе этого канала первоначально предполагалось изъ рѣки Нила, коего воды должны быть подняты на 4,50 метра каменнымъ барражемъ, устроеннымъ въ верховьяхъ дельты рѣки. Однако посредствомъ барража осуществился подпоръ не больше 2 метровъ и каналъ, на протяженіи первыхъ сорока километровъ, считая отъ барража, постоянно сильно заносило пескомъ при западныхъ вѣтрахъ, поэтому рѣшено было устроить искусственный подъемъ воды, въ количествѣ 1.500.000 кубическихъ метровъ въ сутки, на высоту отъ 0,50 метра до 3 метровъ. Машины должны были работать въ теченіи 120 дней. Съ этою цѣлью прибѣгли къ устройству десяти желѣзныхъ архимедовыхъ винтовъ, черт 49. и 50 установленныхъ параллельно, въ бассейнѣ, длиною 50 метровъ и шириною 16,50 метровъ, который былъ соединенъ съ Ниломъ. Діаметръ барабана винта 3,68 метр., длина винта 12 метровъ; желѣзный стержень изъ листового желѣза, длиною равнаго съ барабаномъ, имѣлъ діаметръ 1,22 метра; толщина барабана 9 миллиметровъ, толщина стержня 10 миллиметровъ.

Стержень съ барабаномъ соединены посредствомъ четырехъ винтовыхъ поверхностей, изъ желѣзныхъ листовъ толщиною 4 миллиметра. Ходъ винта около 7,60 метровъ.

Винты приводились въ движеніе посредствомъ одного общаго желѣзнаго вала, съ которымъ, смотря по надобности, могли быть сцѣплены или разъединены.

Число оборотовъ винта въ минуту составляло отъ 5 до 6, и въ одинъ оборотъ винтомъ поднималось 24 кубич.

Черт. 50.



метровъ воды; этотъ объемъ оставался постояннымъ при небольшихъ колебаніяхъ уровня воды.

В скорѣ послѣ установки оказалось, что винты устроены очень слабо, такъ что съ перваго же дня въ нихъ обнаружались весьма серьезные поломки стержня, приблизительно на $\frac{1}{3}$ его длины; этой же участи подверглись всѣ остальные винты. Тогда порѣшили семь винтовъ замѣнить вертикальными центробѣжными насосами, а три винта, черт. 50 оставлены въ видѣ запаса на случай исправлений насосовъ, или же усиленнаго подъема воды. Чтобы уменьшить давленіе воды на стержень и подшипники, къ окружности барабана, приблизительно на $\frac{2}{3}$ его высоты, прикрѣплено чугунное кольцо *kk* съ катками, которые, при вращеніи барабана, движутся по чугунному направляющему рельсу, укрѣпленному въ каменномъ флютбетѣ.

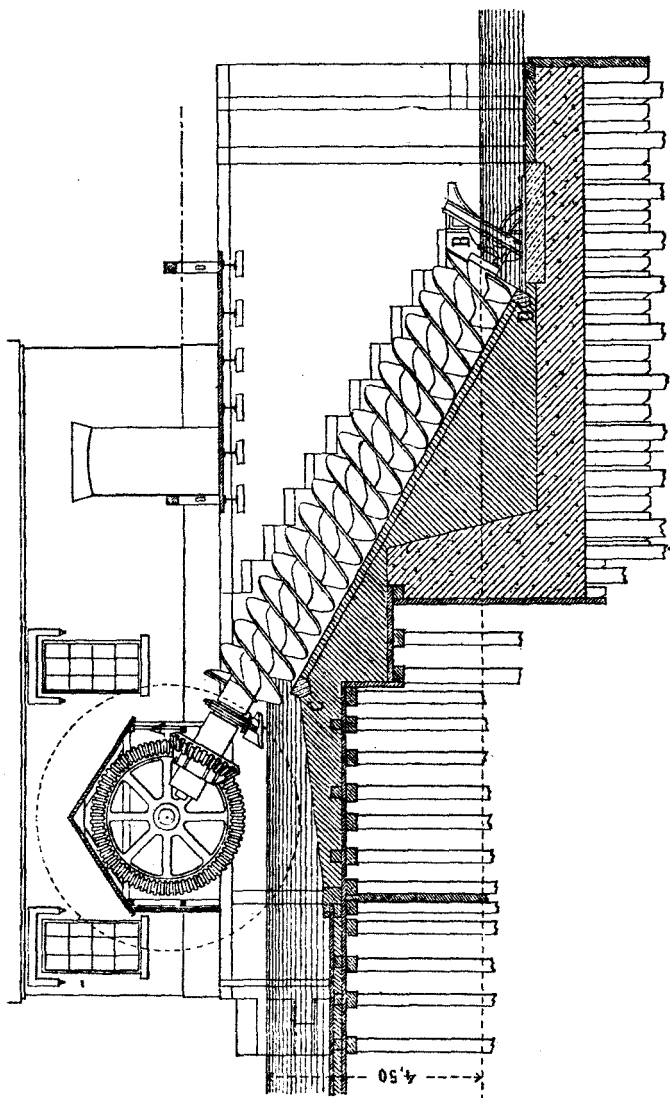
При большой высотѣ подъема, винтъ съ барабаномъ получается довольно значительной длины, что представляетъ, какъ мы видѣли, неудобства при установкѣ винта и его устройствѣ. Для того, чтобы избѣгнуть обнаружившихся при этомъ недостатковъ, прибѣгли къ нѣкоторымъ измѣненіямъ, а именно: барабанъ устранивъ, шпindelъ *AB* (черт. 51), съ прикрѣпленными къ нему винтовыми поверхностями, составляетъ вращающуюся часть прибора, которую устанавливаютъ въ постоянномъ каменномъ руслѣ *CD*. Такіе винты устраиваютъ или металлическими, черт. 52 или деревянными, черт. 53, или же смѣшанной конструкціи, черт. 54 при чемъ шпindelъ деревянный и винтовыя поверхности желѣзные.

Въ общемъ устройство винтовъ бываетъ одинаково; разница бываетъ въ конструкціи вала въ расположеніи и родѣ винтовыхъ поверхностей и въ другихъ второстепенныхъ частяхъ механизма.

Для подъема воды на высоту 4.50 метровъ, восточнѣе г. Роттердама, въ мѣстности Шиландъ существуютъ два желѣзныхъ винта, сдѣланныхъ изъ котельнаго желѣза. Полная длина (черт. 52) отъ подпятника до середины верхней шейки 11,32 метра. Длина собственно винта 10 метровъ; нижній діаметръ 1,50 метра, и верхній 1,75 метра; онъ наклоненъ къ горизонту подъ угломъ 30° . Шпindelъ устроенъ изъ пяти отдѣльныхъ трубъ, діаметромъ 0,60 м. Труба сдѣлана изъ

железных листовъ, толщиной 14,5 миллиметровъ, соединяемыхъ между собою посредствомъ накладокъ, расположенныхъ внутри ея. Каждая двѣ изъ пяти трубъ соединяются

Черт. 51.



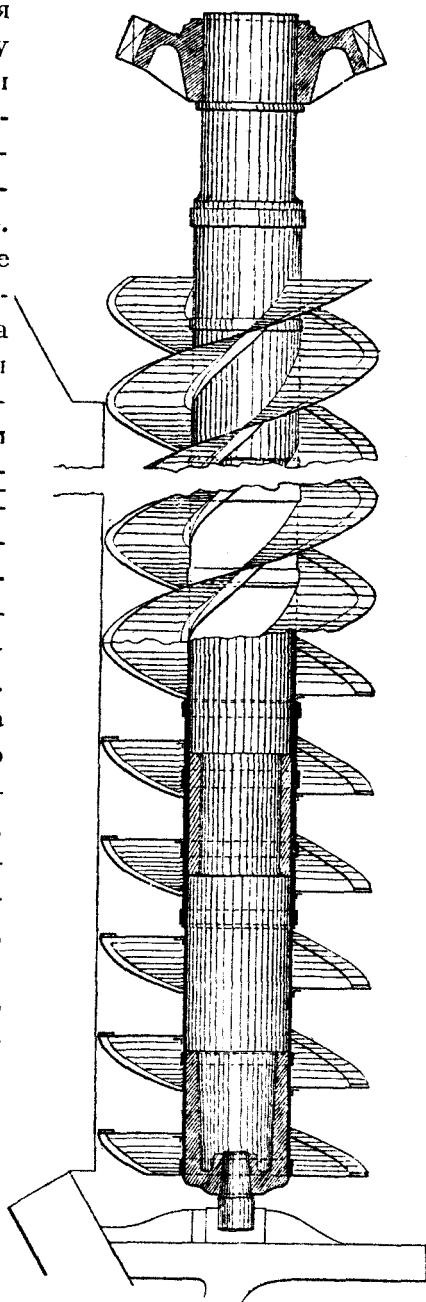
между собою посредствомъ внутреннего чугуннаго цилиндра *EF* и наружной накладки *GH*, которая имѣетъ цилиндрическую форму и толщину 12 миллиметровъ. Четыре железныя

Черт. 52

обруча *a* размеромъ 90×13 миллиметровъ положенныя въ горячемъ состояніи на эту послѣднюю накладку, при охлажденіи, прижимаютъ накладку къ трубамъ и составляютъ плотное соединеніе частей шпинделя между собою. Внизу укрѣпляется чугунное кольцо *HI*, въ коемъ укрѣплена стальная пята *K*. Наверху устроена шейка *L*, для помѣщенія кольца съ роликами, поддерживающими винтъ, на второй шейкѣ помѣщается коническая шестерня *MN*—и наконецъ цапфа. Къ шпинделю прикрѣплены три винтовые поверхности, тоже изъ листового желѣза толщиною 4 миллим. помощью углового желѣза 57×8 миллим.; между собою пять листовъ одной поверхности соединяются накладками. По окружности къ винтовымъ поверхностямъ прикрѣплены деревянныя планки, какъ показано на черт. 52, чтобы урегулировать зазоръ между винтомъ и постояннымъ каменнымъ русломъ.

Ходъ винта 1,70 метр. Въ минуту винтъ дѣлаетъ 42 оборота, при чемъ поднимаетъ на высоту 4,50 метр.

$42 \times (0,75)^2 \times 3,1416 \times 1,70 \times 0,30 = 37,8$ кубич мет. воды.



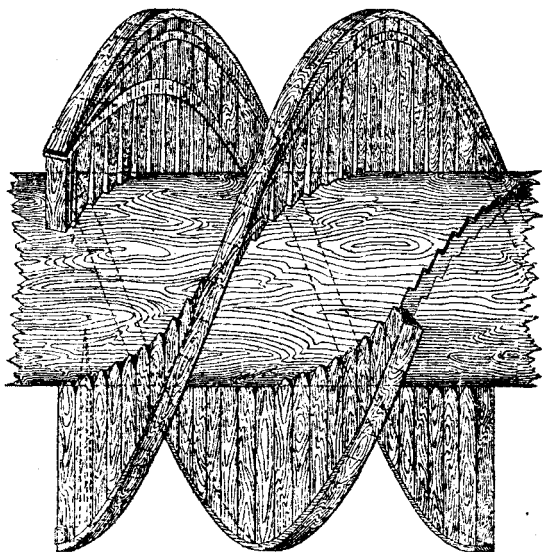
И производимая имъ работа составляетъ

$$\frac{37.80 \times 1000 \times 4.50}{60 \times 75} = 37.80 \text{ паровыхъ силъ.}$$

Объемъ воды, поднимаемый винтомъ такого устройства, на основаніи опыта, опредѣляютъ, какъ показываетъ послѣдній расчегъ, такимъ образомъ, что берутъ 0,30 отъ объема воды, занимаемаго однимъ винтовымъ ходомъ, причемъ не принимаютъ въ расчетъ тотъ объемъ, который занимаетъ шпindelъ.

Желѣзные винты описаннаго образца рѣдко устраи-

Черт. 53.



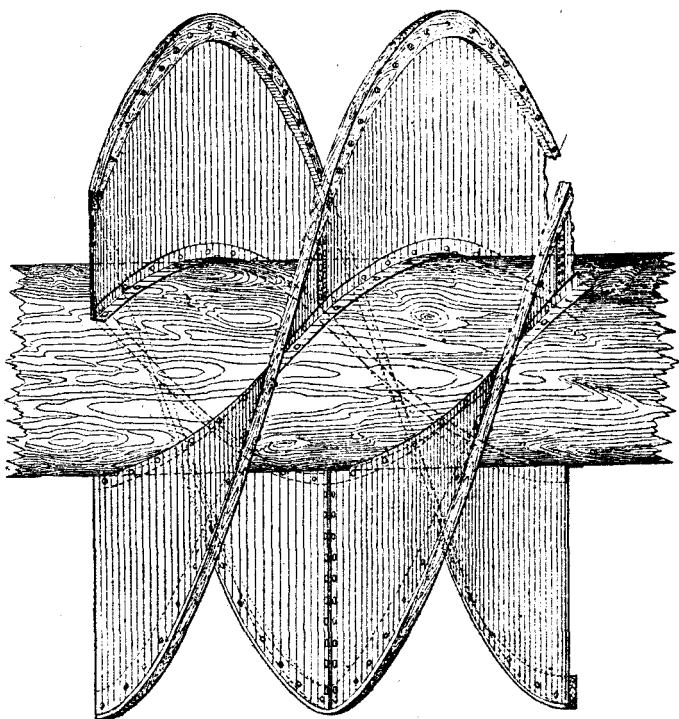
ются, такъ какъ ихъ польза и продолжительность службы по сравненію съ деревянными винтами не доказана, между тѣмъ какъ стоимость ихъ въ нѣсколько разъ больше затратъ необходимыхъ на устройство деревянныхъ винтовъ.

На черт. 51, показано общее расположеніе винта съ деревяннымъ шпindelемъ, къ которому деревянные клѣпки или желѣзные листы прикрѣпляются по способамъ указаннымъ на чертежахъ 53 и 54.

Самое широкое распространеніе винты получили въ Голландіи, гдѣ для ихъ движенія устраивались сперва исключительно вѣтряные двигатели а потомъ паровыя машины.

Въ описаніи устройства винтовъ съ постояннымъ русломъ находимъ нѣкоторыя интересныя замѣчанія, такъ напр. принимая во вниманіе, что чрезъ зазоры между винтомъ и каменнымъ русломъ происходитъ извѣстная потеря поднимаемой воды, нѣкоторые строители предлагали діаметръ винта уменьшать въ верхней части, вслѣдствіе чего достигалась, такъ сказать, лучшая тяга воды винтомъ. Другіе наоборотъ утверж-

Черт. 54.



даютъ, и, кажется, вполне справедливо, что діаметръ винта по направленію къ верху слѣдуетъ увеличивать, такъ какъ въ верхнихъ оборотахъ винта уровень воды понижается, уменьшается высота, на которую приходится поднимать воду, благодаря условіямъ конструкціи, и, слѣдовательно, уменьшается бесполезная работа машины.

Какъ мы выше сказали, винтъ, для подъема довольно значительнаго объема воды, коей уровень внизу остается

постояннымъ, оказался механизмомъ весьма полезнымъ, хотя ему свойственны и нѣкоторые недостатки:

Первый, что (черт. 51) при колебаніяхъ уровня воды въ верхнемъ руслѣ, превосходящихъ полъ метра, винтъ почти не работаетъ. Это неудобство при деревянныхъ стѣнкахъ русла отчасти устранялось посредствомъ передвижной верхней части; при желѣзныхъ винтахъ съ барабаномъ, верхняя часть послѣдняго устраивалась на шарнирахъ, такъ, что она могла быть устанавливаемою въ наклонномъ или въ горизонтальномъ положеніи.

Во вторыхъ, вслѣдствіе необходимости имѣть внизу точку опоры для пяты шпинделя, затрудняется свободный притокъ воды къ руслу винта или къ барабану. Неудобство это устраняли, подвѣсивая пяту шпинделя на вертикально поставленной балкѣ, которую прикрѣпляли къ двумъ брусамъ, положеннымъ горизонтально.

Третій недостатокъ состоитъ въ незначительной толщинѣ деревянныхъ клепокъ, образующихъ винтовую поверхность. Какъ мы выше видѣли, эти послѣднія соединены между собою посредствомъ вставныхъ шиповъ, и снаружи, кромѣ того, желѣзными полосами. Вслѣдствіе такого соединенія, поврежденіе одной клепки влечетъ за собою поврежденіе нѣсколькихъ смежныхъ клепокъ. Неудобство это устраняли, замѣняя деревянные клепки желѣзными листами.

Шпиндель винта иногда устраиваютъ пустотѣлымъ изъ листового желѣза; это устройство не принесло ожидаемой пользы. Дѣйствительно, если принять во вниманіе, что шпиндель, кромѣ прогиба, еще скручивается, и притомъ особенно сильно въ нижней части, и если не упустимъ изъ виду, что, вслѣдствіе вращенія, линія прогиба постоянно мѣняетъ свое положеніе, то оказывается яснымъ почему желѣзные валы не только не получили распространенія при постройкѣ такихъ винтовъ, но, наоборотъ, вернулись къ деревяннымъ шпинделямъ.

Къ числу недостатковъ винта слѣдуетъ отнести, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, значительную длину его, такъ напр. при высотѣ подъема около 8,50 фут. необходимо было устроить шпиндель длиною около 47,50 фут. При такой длинѣ, и вслѣдствіе необходимости вынуть пазъ на поверхности шпин-

деля, для укрѣпленія въ немъ клепокъ, увеличивается прогибъ винта, обнаруживающійся въ значительномъ треніи реберъ винта о стѣнки русла. Это треніе можетъ быть устранено помощью увеличенія зазора между русломъ и винтомъ, но эта мѣра въ свою очередь, отражается на увеличеніи утечки воды чрезъ зазоръ.

Кромѣ того, вслѣдствіе прогиба, въ верхней части шпинделя происходитъ неправильное заѣпленіе зубчатыхъ колесъ и иногда поломка зубцовъ; это неудобство устраняютъ посредствомъ мѣры, указанной на черт. 50 и 51, т. е. устраивая ниже шестерни, точку опоры для шпинделя.

Наконецъ, вслѣдствіе довольно значительной скорости вращенія винта, происходитъ неправильное движеніе жидкости не только по направленію вращенія, но и внизъ, отъ этого теряется нѣкоторая часть работы двигателя, и эта потеря зависитъ отъ высоты подъема и числа винтовыхъ поверхностей, слѣдовательно по этой причинѣ, съ увеличеніемъ высоты подъема полезное дѣйствіе винта не увеличивается, но наоборотъ можетъ уменьшаться.

Къ числу преимуществъ архимедова винта слѣдуетъ отнести и то обстоятельство, что число оборотовъ винта, въ единицу времени, можетъ быть согласовано съ числомъ оборотовъ соотвѣтственно устроенной паровой машины; иногда впрочемъ, какъ и при вѣтряныхъ двигателяхъ, устраивали, что число оборотовъ паровой машины меньше числа оборотовъ винта въ одну минуту, при этомъ оказывается однако увеличеніе расхода топлива.

Изъ приведенныхъ замѣчаній, вытекаетъ, что архимедовъ винтъ особенно удобенъ при небольшихъ высотахъ подъема. Не смотря на приведенныя недостатки, даже въ послѣднее время его примѣняютъ въ Голландіи, при осушеніи польдеровъ, такъ напр. въ теченіи шести лѣтъ, 1875—1881, изъ числа 139 водоподъемныхъ приспособленій, устроено 30 архимедовыхъ винтовъ, приводимыхъ въ движеніе, большею частью, силою пара, а именно паровыми машинами, системы компаундъ, съ расширеніемъ и значительнымъ числомъ оборотовъ въ минуту, отчего, какъ извѣстно, получается небольшой объемъ машины и немного нужно мѣста для ея установки.

Наконецъ приводимъ нѣкоторыя свѣдѣнія о нѣсколькихъ построенныхъ винтахъ.

НАЗВАНІЕ МѢСТНОСТИ.	Высота подъема метровъ.	Объемъ воды под- нятый въ одну лин. кубич. метровъ.	Поверхно- сти земли гектаровъ.	Работа въ поднятой водѣ лоша- диныхъ силъ.	Расхода угля на одну лоша- диную силу (75 к. м.) килограммъ.
Нижній Нотдорпъ (Гол- ландія).	2.60	55.90	1.000	29.30	3.20
Верхній Нотдорпъ (Гол- ландія).	1.70	56.20		25.90	3.00
Тедингеръ-польдеръ (Гол- ландія).	5.00	32.00	300	21.90	3.00
Tomeuse - Узедомъ (Да- нія)	3.00	100.00	700	—	—

Количество топлива, которое въ теченіи года необходимо паровой машинѣ для подъема винтомъ, на одинъ метръ высоты, воды съ одного гектара, составляетъ отъ 0,66 (въ Гаарлемѣ) до 0,90 (въ Лагъ-абствудѣ) гектолитровъ. т. е., приблизительно, отъ 47 до 71 пудовъ.

Винтъ, приводимый въ движеніе силою вѣтра, устроенный по образцу черт. 51 былъ нами осмотрѣнъ осенью 1898 года близъ г. Гауда, въ Бенедень—гастрехтъ.

Деревянный шпиндель, толщиною 24 дюйма и длиною 34 фут. лежитъ въ каменномъ руслѣ, для подъема воды на высоту 8,20 фут. (2,50 метр.) съ польдера площадью 308 гектаровъ. Диаметръ винта 1,30 м.; онъ состоитъ изъ трехъ желѣзныхъ поверхностей, при толщинѣ желѣза въ $\frac{3}{8}$ дюйма. Число оборотовъ шпинделя въ одну минуту 7. Деревянный валъ безъ перемѣны можетъ служить 25 лѣтъ. Винтъ стоитъ 2400 гульденовъ (около 1.900) рублей. Каменное зданіе, гдѣ помѣщается вѣтракъ, квартира для сторожа, съ русломъ и вѣтракомъ стоитъ около 30.000 гульденовъ (приблизительно (24.000 рублей).

Въ теченіи года приходится производить работу около 4 мѣсяцевъ.

На верхнемъ концѣ шпинделя помѣщена деревянная шестерня, а на вертикальномъ валу вѣтрака деревянное зубчатое колесо. Длина маха около 90 футовъ. Высота каменнаго зданія около 65 футовъ.

§ 6. Цѣпной насосъ. Спиральный насосъ.

Къ числу приборовъ, въ которыхъ подъемъ воды происходитъ посредствомъ трубъ, принадлежитъ цѣпной насосъ и спиральный насосъ.

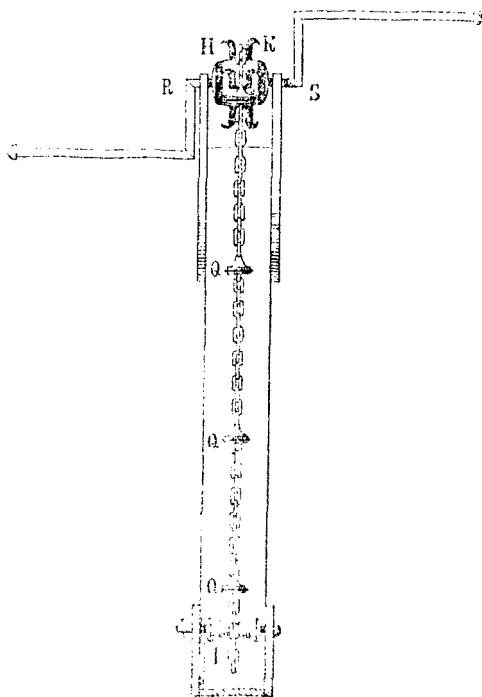
Цѣпной насосъ служитъ для подъема воды на высоту отъ 8 до 16 фут. Онъ состоитъ изъ вертикальной или наклонной трубы, чрезъ которую проведена цѣпь безъ конца; къ цѣпи, на одинаковыхъ между собою разстояніяхъ, прикрѣплены диски, величиною равною отверстію трубы. Если трубу погрузить однимъ концомъ въ воду и привести цѣпь въ движеніе, то диски захватываютъ воду, поднимаютъ вверхъ по трубѣ, откуда вода вытекаетъ въ желобъ.

На черт. 55 и 56 изображенъ деревянный насосъ, оказавшійся весьма производительнымъ, слѣдующаго устройства: изъ толстаго (тринадцати дюймаго) бревна сдѣлана вертикальная труба *ABCD*, діаметромъ 5 дюймовъ, длиною 9,50 футовъ; внизу одна сторона *CE* трубы на 16 дюймовъ длиннѣ остальныхъ, къ ней прикрѣплена деревянная коробка, вставляемая въ резервуаръ, откуда предполагается поднимать воду. Въ этой коробкѣ помѣщенъ деревянный шкивъ *P*, направляющій въ трубу цѣпь съ тарелками. На верху къ трубѣ черт. 56 прикрѣплены доски *HK*, составляющія съ другими досками желобъ *BIIM*. Въ углубленія досокъ *H, K*, вкладываютъ подшипники, въ которыхъ лежитъ полторадюймовая желѣзная ось *RS* деревяннаго шкива, имѣющаго 16 дюймовъ въ діаметрѣ. По срединѣ шкива, по направленію радіусовъ укрѣплено 6 желѣзныхъ вилокъ, раскрывающихся въ верху на 7 и по срединѣ на 5 дюймовъ, чтобы образовать проходъ для цѣпи. Длина рукоятки 3 фут. 4 дюйма, такъ что съ каждаго конца оси *RS* могутъ стоять двое рабочихъ; длина плеча рукоятки 16 дюймовъ.

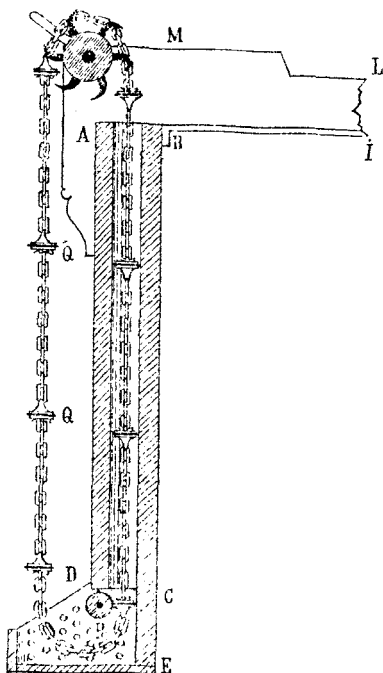
Тарелка состоитъ изъ деревянной дощечки діаметромъ

4,8 дюйма, на которую накладываютъ два кожаные кружка діаметромъ 5 дюймовъ, т. е. равнымъ діаметру подъемной трубы *ABCD*. Сверху кожаныхъ кружковъ находится желѣзная накладка; все вмѣстѣ связано болтами или заклепками. Разстояніе между двумя тарелками составляетъ 30 дюймовъ;

Черт. 56.



Черт 55.



Масштабъ.



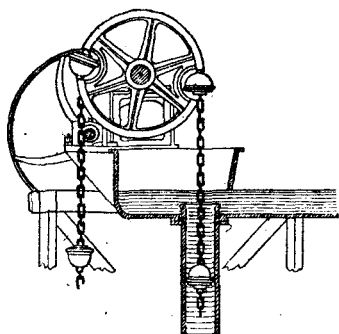
часть цѣпи между ними вѣситъ 10 фунтовъ.

Въ теченіе одного часа, четверо рабочихъ поднимали 2.780 куб. фут. воды, т. е. около 6.400 ведеръ на высоту 8 фут.

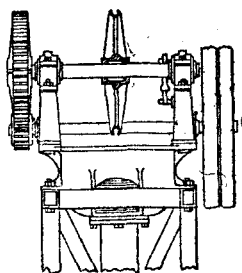
Вертикальный цѣпной насосъ обыкновенно приводятъ въ движеніе усиліемъ 4 до 8 рабочихъ, съ скоростью отъ 3 до 5 фут. въ секунду, такъ, что число оборотовъ въ **мину**ту составляетъ отъ 20 до 30.

Вмѣсто деревянной трубы въ вертикальномъ цѣпномъ насосѣ устраиваютъ иногда чугунную трубу, какъ показываютъ чертежи 57 и 58. Внутренній діаметръ трубы бываетъ отъ 0,12 до 0,15 метра; труба внизу оканчивается широкимъ раструбомъ, на верху же труба соединена съ чугуннымъ резервуаромъ. Цѣпь съ тарелками помѣщаютъ на чугунномъ шкивѣ, діаметромъ 0,90 метра, такъ что при такомъ діаметрѣ нижній шкивъ оказывается излишнимъ. Діаметръ кожаныхъ кружковъ тарелокъ при чугунныхъ трубахъ, обыкновенно одинаковъ съ діаметромъ трубъ, разстояніе между

Черт. 57.



Черт. 58.



тарелками отъ 0,80 до 1,0 метра. Вмѣсто кожаныхъ кружковъ въ употребленіи находятся и резиновыя тарелки, которыя посредствомъ подвижныхъ гаекъ можно расширять или сжимать, смотря по отверстію трубы.

Объемъ воды, поднимаемой вертикальнымъ цѣпнымъ насосомъ, опредѣляется слѣдующимъ образомъ:

Назовемъ чрезъ ω площадь тарелки,

l разстояніе между двумя тарелками,

q объемъ воды, поднимаемой одною тарелкою,

то

$$q = \omega \cdot l$$

Если назовемъ чрезъ

m число тарелокъ,

q_1 объемъ описываемый тарелками въ одну секунду, то

$$q_1 = mq = m \cdot \omega \cdot l$$

Чтобы получить объемъ воды Q , дѣйствительно поднимаемый тарелками въ одну секунду, необходимо выраженіе

для q_1 уменьшить на величину того объема q_2 которая изображает потерю воды чрезъ зазоры между тарелкою и трубою.

Пусть будетъ: ω_1 площадь зазоровъ
 μ коефициентъ расхода = 0,60 до 0,70,
 g ускореніе силы тяжести = 32,20 фут.
 Объемъ воды, теряемый тарелками будетъ

$$q_2 = \frac{2}{3} \mu \cdot \omega_1 \sqrt{2 gl}$$

этотъ объемъ обыкновенно принимаютъ равнымъ 0,15 q_1 , и слѣдовательно

$$Q = q_1 - q_2 = 0,85 q_1$$

По наблюденіямъ, произведеннымъ Перроне во Франціи, четверо рабочихъ поднимали, на высоту 16 фут., при 30 оборотахъ въ минуту, въ теченіе 108 секундъ, 18,16 куб. фут. воды, т. е. 41,80 ведеръ, или въ часъ около 1.400 ведеръ.

Коефициентъ полезнаго дѣйствія вертикальнаго цѣпнаго насоса составляетъ 0,65.

Наконецъ необходимо упомянуть о бывшемъ въ прежнее время въ употребленіи наклонномъ цѣпномъ насосѣ, гдѣ по наклонной трубѣ, или даже по открытому желобу двигалась цѣпь безъ конца съ прикрѣпленными къ послѣдней деревянными тарелками. Наиболѣе производительнымъ этотъ механизмъ оказался при соблюденіи условій: во первыхъ, чтобы разстояніе между тарелками равнялось, по возможности, ихъ вышинѣ, и во вторыхъ, чтобы желобъ былъ наклоненъ къ горизонту подъ угломъ не болѣе 24°.

Полезное дѣйствіе наклоннаго насоса можетъ быть определено слѣдующимъ образомъ:

Пусть будетъ

h высота подъема воды,

γ вѣсъ единицы объема воды,

v скорость движенія тарелки по наклонной плоскости,

g ускореніе силы тяжести = 32,20 фут.,

Q объемъ воды поднимаемый въ одну секунду,

Тогда абсолютная работа T выражается

$$T = Q \cdot h + \gamma Q \gamma \frac{v^2}{g}$$

и полезная работа

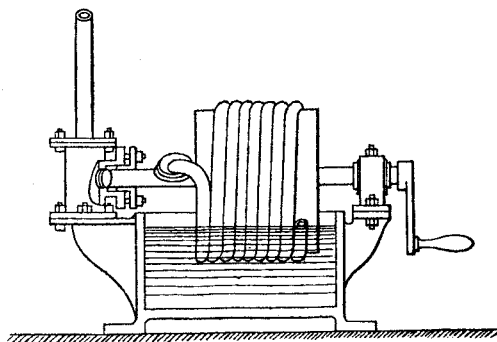
$$T_u = \gamma \cdot Q \cdot h$$

слѣдов. коэффициентъ полезнаго дѣйствія

$$\eta = \frac{T_u}{T} = \frac{h}{h + \frac{v^2}{g}}$$

т. е. полезное дѣйствіе тѣмъ больше, чѣмъ больше высота подъема и чѣмъ меньше скорость движенія цѣпи. Вообще же коэффициентъ полезной работы не превосходитъ 0,40, вслѣдствіе чего въ настоящее время наклонный цѣпной насосъ почти никогда не примѣняется.

Черт. 59.



Вертикальный цѣпной насосъ особенно пригоденъ для подъема густыхъ жидкостей, и въ настоящее время его охотно примѣняютъ, тѣмъ болѣе, что насосъ, изображенный на черт. 55 и 56, можетъ быть приготовленъ въ деревнѣ, безъ мастерскихъ, и стоимость его составляетъ около 75 рублей.

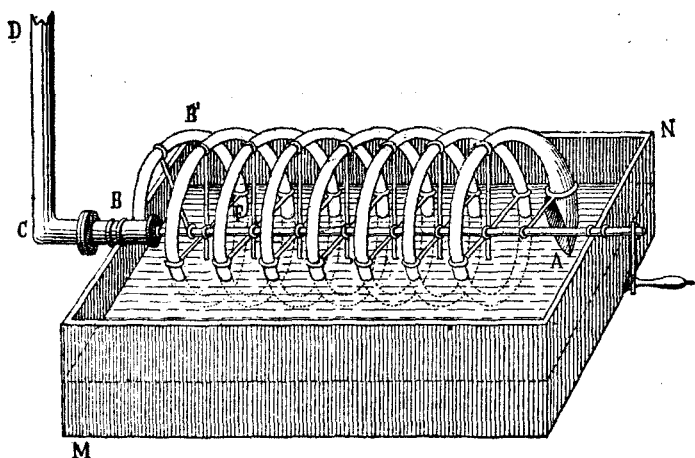
По сравнительно высокой производительности цѣпной насосъ, какъ оказывается, могъ бы быть весьма полезнымъ если количество воды, которую необходимо поднять и высота подъема незначительны.

Спиральный насосъ. Подъ этимъ названіемъ извѣстенъ приборъ, состоящій изъ металлической, лучше всего мѣдной, трубки, которая намотана на цилиндрической или конической поверхности, какъ показываетъ черт. 59. Иногда трубка согнута безъ барабана, какъ показываетъ черт. 60,

гдѣ одинъ ея конецъ *A* сдѣланъ раструбомъ и касательно къ воображаемой цилиндрической поверхности, другой же конецъ *B* загнутъ по направленію оси барабана и соединенъ съ вертикальною трубою *CD*, по которой поднимается вода. Приборъ погружаютъ въ резервуаръ *MN* съ водою, приблизительно до горизонтально положенной оси барабана, къ которой, для вращенія, придѣлана рукоятка, или же, для этой цѣли, на оси вращенія укрѣпленъ шкивъ или другой механизмъ для передачи движенія отъ двигателя.

Насосъ этотъ былъ изобрѣтенъ около 1746 г. въ Цюрихѣ жестянщикомъ Вирцомъ, который устроилъ его въ видѣ

Чер. 60.



спиральной трубки, согнутой по поверхности барабана перпендикулярно его оси. Въ 1779 году во Флоренціи Д. Бернулли произвелъ рядъ опытовъ съ усовершенствованною спиралью, посредствомъ коей на высоту около 100 футовъ поднималось, въ одну минуту, около 5,75 ведеръ воды. Затѣмъ въ 1784 году при с. Архангельскомъ, на рудникахъ, помощью спиральнаго насоса, діаметромъ 3 дюйма, въ теченіи одной минуты откачивали около 16 ведеръ воды на высоту 72 фут.

Спиральный насосъ дѣйствуетъ слѣдующимъ образомъ. Представимъ себѣ, что резервуаръ *MN* наполненъ водою до оси и что при такомъ положеніи конецъ *A* касается поверхности воды; если станемъ вращать насосъ, то при первомъ

оборотѣ, трубка на половину наполнится водою, когда конецъ A погруженъ въ воду, затѣмъ на половину наполнится воздухомъ, когда конецъ A выступитъ изъ воды. При второмъ полуоборотѣ, т. е. когда конецъ A вращается внѣ воды резервуара, вода собранная въ первомъ полуоборотѣ передвинется во второй оборотъ трубки и при каждомъ послѣдующемъ поворотѣ рукоятки, трубка, захватываетъ концомъ A новыя количества воды. Послѣдняя передвигается постепенно къ послѣдующимъ оборотамъ, пока наконецъ не дойдетъ до вертикальной трубки CD , по которой станетъ постепенно подниматься.

Въ этотъ, такъ сказать, первый періодъ движенія прибора, давленіе воздуха, заключающагося въ оборотахъ трубки, вездѣ одинаково, однако по мѣрѣ подъема воды изъ BC въ трубку CD , воздухъ въ послѣднемъ оборотѣ B постепенно сжимается, вода поднимается въ части BB' и, достигнувъ вершины B' , частью переливается по направленію къ F .

Давленія въ оборотахъ могутъ быть слѣдовательно выражены слѣдующимъ образомъ:

Пусть будетъ насосъ состоящій изъ трехъ оборотовъ; черт. 61 назовемъ черезъ

P давленіе атмосфернаго воздуха равное столбу воды вышиною $H = 10,33$ метра,

$p_1 = P$ (атмосферное давленіе), p_2, p_3 давленія воздуха въ оборотахъ, выраженные въ столбахъ воды,

h высота воды въ трубкѣ CD надъ горизонтомъ воды въ резервуарѣ MN ,

h_1, h_2, h_3 высота столба воды между вершиною оборота и уровнемъ воды въ слѣдующемъ оборотѣ.

Соотношеніе между давленіями можетъ быть выражено слѣдующимъ образомъ

$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 - h_1 \\ p_2 &= p_3 - h_2 \\ p_3 &= P + h - h_3 \end{aligned}$$

слагая, получаемъ

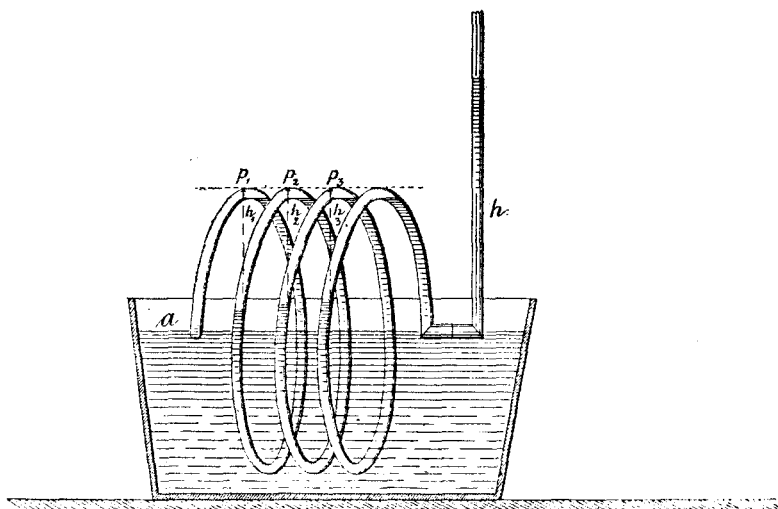
$$h = h_1 + h_2 + h_3$$

т. е. высота h подъема воды въ вертикальной трубкѣ, когда приборъ заряженъ, но въ покоѣ, не можетъ быть больше суммы радиусовъ оборотовъ, т. е. $h < \Sigma R$. При этомъ,

вслѣдствіе сжатія воздуха въ послѣднемъ оборотѣ, вызваннаго давленіемъ столба воды въ вертикальной трубкѣ и распространенія этого давленія на сжатіе воздуха въ послѣднихъ оборотахъ, за исключеніемъ перваго, сумма всѣхъ этихъ высотъ $\Sigma h - h_1 < \Sigma R$, гдѣ R радіусъ барабана.

Если теперь вращать приборъ, то воздухъ, находящійся въ послѣднемъ оборотѣ, переходитъ въ подъемную трубу CD , и при этомъ, увеличиваясь въ объемѣ, поднимаетъ выше

Черт. 61.



воду. Для сжатія этого воздуха потребовался столбъ воды высотой $h - R$, слѣд. при возвращеніи воздуха до объема, занимаемаго имъ при атмосферномъ давленіи, вода поднимается на ту же величину $h - R$.

Только что мы сказали, что высота подъема h равна суммѣ потерь высотъ въ оборотахъ, слѣдоват., въ общемъ, если трубка до оси погружена въ воду, крайняя высота, на которую можно поднять воду будетъ

$$h + (h - R) = 2h - R$$

а такъ какъ, $h \leq R$, то называя чрезъ n число оборотовъ трубки, полная высота подъема будетъ въ предѣлѣ:

$$H = R(2n - 1)$$

откуда можемъ опредѣлить радіусъ R барабана, который,

для приборовъ, приводимыхъ въ движеніе людьми, долженъ бы быть отъ 16 до 20 дюймовъ (0,40 до 0,50 метра).

Если извѣстна скорость вращенія прибора v равная напр. 16 дюймамъ въ секунду опредѣляется изъ выраженія

$$Q = \frac{d^3}{1,273} v \cdot k$$

гдѣ Q объемъ воды, поднимаемый въ одну секунду и k отношеніе погруженной въ воду дуги трубы къ полной окружности, т. е пр. отношеніе

$$\frac{\text{arc} \cdot abc}{2 \pi R}$$

обыкновенно $k = 0,489$, такъ, что тогда

$$Q = 0,3841 d^3 v$$

и діаметръ трубки

$$d = \sqrt[3]{\frac{Q}{0,3841 v}}$$

Опыты въ числѣ 26 произведенные Мореномъ съ спиральнымъ насосомъ квадратнаго сѣченія 0,06 X 0,06 метра, въ сторонѣ, при числѣ оборотовъ отъ 5 до 6, при діаметрѣ барабана равномъ одному метру и высотѣ подъема отъ 0,91 метра до 6,03 метра, при скоростяхъ на окружности, отъ 0,27 метра до 0,85 метра въ секунду, привели къ слѣдующимъ выводамъ:

1. При постоянной высотѣ подъема коэффициентъ полезнаго дѣйствія увеличивается при уменьшеніи скорости вращенія, которая не должна бы превосходить 0,30 до 0,40 метра въ секунду,

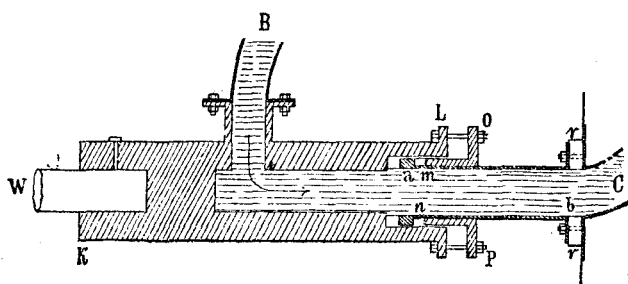
2. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія увеличивается по мѣрѣ того какъ высота подъема приближается къ $\Sigma 2r - r$, и онъ тогда составляетъ отъ 0,60 до 0,64,

3. Если высота подъема больше этого предѣла, происходитъ обратное движеніе воды въ нижній резервуаръ и коэффициентъ полезнаго дѣйствія понижается.

Соединеніе спирали съ подъемною трубою, т. е. конца B съ CD устраиваютъ по способу указанному на чертежѣ 62. Къ концу спиральной трубки B прикрѣплена мѣдная часть KL , которая вращается съ спиралью; въ K валъ W_1 образующій конецъ оси вращенія; въ L входитъ трубка ab , которая по-

средством болтовъ и резинового кружка *rr* соединяется съ подъемною трубою *C*; въ *mn* вставляютъ стальное кольцо, прижимаемое кожанымъ кружкомъ и сальникомъ *OP*. Во время вращенія часть *ab* и подъемная труба неподвижны; спираль *B* съ *KL* и *op* вращается.

Черт. 62.



При опытахъ съ насосомъ приведенныхъ размѣровъ объемъ поднятой воды въ одну секунду составлялъ:

Для высоты подъема $h=0,95$ метра и скорости на окружности $v=0,644$ метра, $Q=0,901$ куб. метра.

Для . . $v=0,365$ м. и $h=5,14$ м. $Q=0,495$ куб. м.

0,855	"	3,97	"	0,250	"	"
-------	---	------	---	-------	---	---

0,269	"	6,03	"	0,293	"	"
-------	---	------	---	-------	---	---

0,484	"	6,03	"	0,674	"	"
-------	---	------	---	-------	---	---

Спиральный насосъ въ настоящее время рѣдко примѣняется вслѣдствіе устройства другихъ болѣе удобныхъ насосовъ, съ соотвѣтственно устроенными клапанами; этотъ насосъ служилъ для подъема густыхъ жидкихъ массъ, такъ напр. при производствѣ писчей бумаги.

Заканчивая первую главу, мы не можемъ не сказать, что отличительная черта вышеприведенныхъ водоподъемныхъ машинъ состоитъ въ томъ, что при нихъ мы не находимъ клапановъ, тѣхъ внутреннихъ частей механизмовъ, которые изнашиваются довольно скоро и требуютъ возобновленія. Обстоятельство это имѣетъ значеніе, въ особенности при подъемѣ грязныхъ, мутныхъ водъ, заключающихъ песокъ, водоросли, листья и вѣтки растений.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

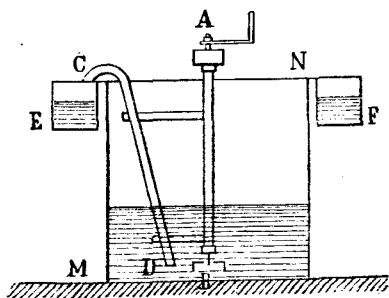
Насосы.

Къ второй категоріи водоподъемныхъ машинъ причисляемъ такія, въ которыхъ, для подъема воды, имѣетъ значеніе давленіе воздуха, и гдѣ она движется по трубамъ. Сюда принадлежатъ разнообразныя насосы, между которыми наиболѣе интересуютъ насъ имѣющіе много преимуществъ центробѣжныя насосы, затѣмъ самодѣйствующій снарядъ: гидравлическій таранъ и нѣкоторые изъ поршневыхъ насосовъ.

§ 7. Центробѣжныя насосы.

Для подъема значительнаго количества воды, въ небольшой промежутокъ времени и при сравнительно небольшой высотѣ подъема, съ недавняго времени стали употреблять центробѣжныя насосы, обладающіе въ нѣкоторыхъ случаяхъ

Черт. 63.



значительными преимуществами, передъ другими насосами и черпательными снарядами.

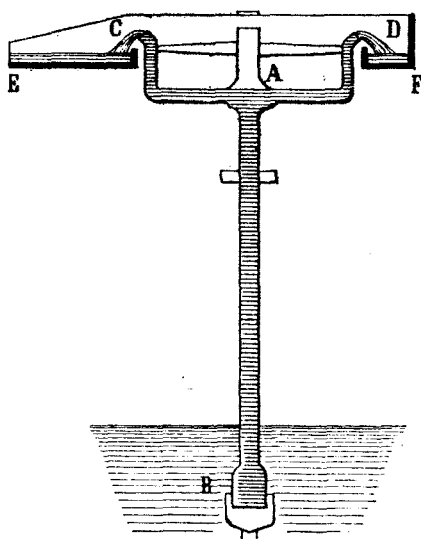
Приборы для подъема жидкостей, основанные на принципѣ центробѣжной силы устраивались еще въ минувшемъ столѣтіи. Такъ во Франціи въ 1732 году, Демуръ изобрѣлъ приборъ

черт. 63, состоящій изъ вертикальнаго вала *AB* къ которому, въ слегка наклонномъ положеніи, прикрѣплена трубка *CD*; валъ съ трубкою помѣщаются въ цилиндрическомъ сосудѣ *MN*, откуда предполагается выкачивать воду. Верхній конецъ трубки *C* загнутъ надъ желобомъ, *EF* кольцеобразно обнимающимъ сосудъ *MN*. Если посредствомъ рукоятки привести въ вращательное движеніе валъ съ труб-

кою, то вода находящаяся въ сосудѣ *MN*, вслѣдствіе центробѣжной силы, будетъ удаляться отъ оси и постепенно подниматься по трубкѣ *CD* и затѣмъ выливаться въ кольцеобразный желобъ *EF*.

Подобнаго рода приборъ въ 1777 году былъ предложенъ во Франціи полковникомъ Дюкре; въ его приборѣ черт. 64 трубка *AB* имѣла вертикальное направленіе, совпадающее съ осью вращенія прибора, а верхній, горизонтально

Черт. 64.



загнутый конецъ трубки состоялъ изъ нѣсколькихъ колѣнъ *AC*, *AD*, выливающихъ воду на верху въ кольцеобразный желобъ *EF*.

Эти два примѣра примѣненія центробѣжной силы для подъема воды не отличались полезною производительностью, потому что вода вытекала изъ нихъ съ значительною скоростью такъ, что слѣдовательно часть работы двигателя бесполезно уходила на сообщеніе водѣ такой скорости, которая вовсе не была необходимою.

Изобрѣтателемъ центробѣжнаго насоса слѣдуетъ считать Аппольда, впервые въ 1848 году построившаго для практическаго примѣненія центробѣжный насосъ. На выставкѣ

1851 года, въ Лондонѣ, Аппольдъ, Бессемеръ и Гвиннъ экспонировали насосы, которые по своимъ качествамъ обратили на себя серьезное вниманіе техниковъ и повели къ цѣлому ряду опытовъ и усовершенствованій. Усовершенствованія эти касались нѣкоторыхъ главныхъ и второстепенныхъ частей механизма.

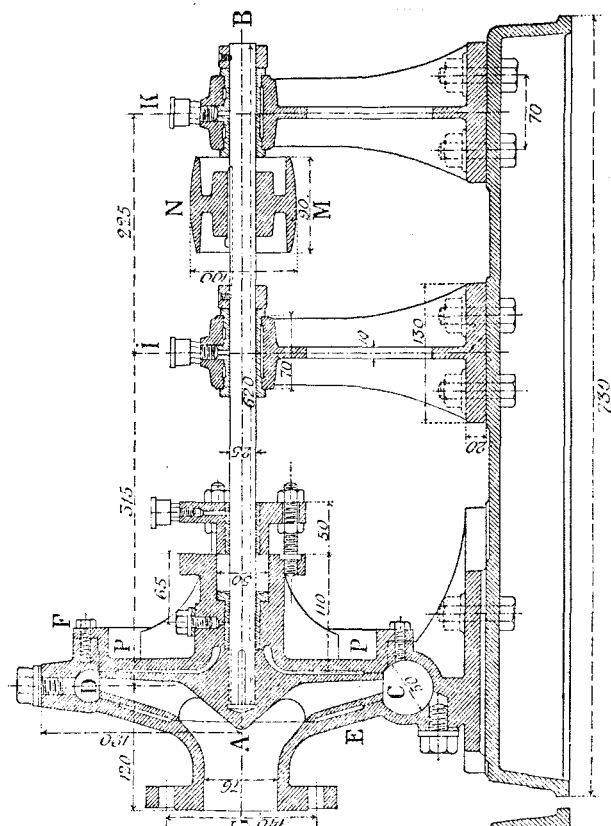
Центробѣжные насосы устраиваются исключительно металлическихъ.

По способу установки вала центробѣжные насосы бываютъ *а.*, горизонтальные и *б.*, вертикальные. Горизонтальный центробѣжный насосъ имѣетъ слѣдующее устройство: На горизонтальномъ валу *AB* (черт. 65, 66, 67, 68, 69) насажено крыльчатое колесо *CD*, помѣщаемое внутри чугунной коробки *EF*, называемой кожухомъ, которая въ *G*, посредствомъ трубы, сообщается съ резервуаромъ, откуда берутъ воду. Въ *H* кожухъ соединяется съ нагнетальною трубою. Наружная часть вала лежитъ въ подшипникахъ на двухъ стойкахъ *I, K*, между которыми на валу помѣщенъ рабочий шкивъ *MN*. Не входя пока въ разсмотрѣніе всѣхъ частей насоса объяснимъ сперва его дѣйствіе.

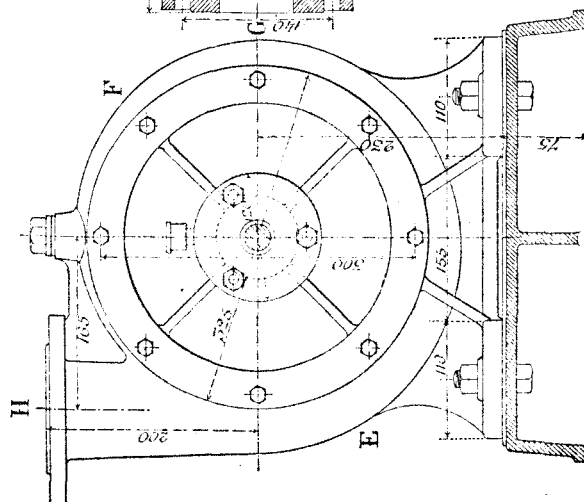
До начала движенія насосъ обыкновенно наполняютъ водою, т. е. заряжаютъ, по одному изъ нижеуказываемыхъ способовъ. Если валъ *AB* привести въ быстрое вращательное движеніе то частицы воды, находящіяся между лопатками колеса *CD* отбрасываются по направленію къ окружности, откуда, вслѣдствіе прибрѣтенной живой силы, поднимаются и поступаютъ въ подъемную трубу *H*, и изъ нея вытекаетъ на требуемой высотѣ. Въ то же время, вслѣдствіе уменьшенія давленія близъ оси колеса *CD*, происходитъ всасываніе воды изъ ниже лежащаго резервуара по трубѣ, которая въ *G* соединена съ кожухомъ. Прибрѣтенная въ *H* живая сила будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше центробѣжная сила, которая въ свою очередь зависитъ отъ скорости вращенія крыльчатого колеса. А такъ какъ число оборотовъ колеса въ единицу времени, и размѣры колеса на практикѣ не могутъ превосходить извѣстныхъ предѣловъ, то слѣдовательно и высота подъема воды, зависящая отъ живой силы имѣетъ свои границы.

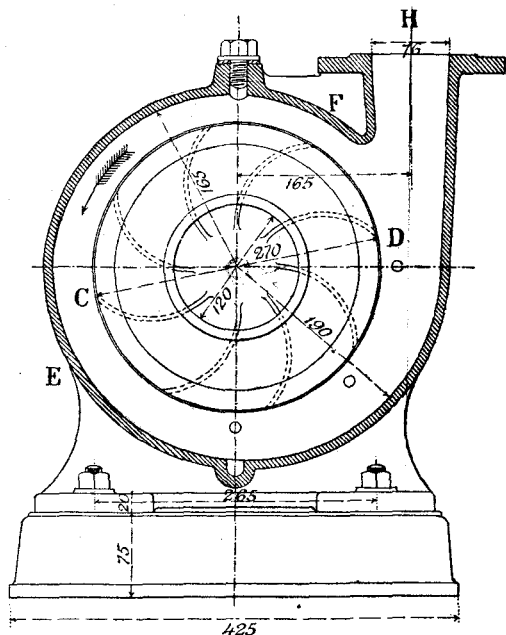
Обыкновенно считаютъ, что центробѣжные насосы могутъ хорошо поднимать воду на высоту до 15 метровъ, хотя

Черт. 65.



Черт. 66.





Большіе насосы, коихъ діаметръ подъемной трубы больше 300 миллиметровъ.

Притокъ воды отъ всасывающей трубы къ крыльчатому колесу устраивается или съ одной стороны, какъ показываетъ черт. 65, или же съ двухъ сторонъ $GO GO$, какъ показано на черт. 68. Въ первомъ случаѣ колесо CD (черт. 65) состоитъ изъ металлическаго диска, съ выступающими съ одной стороны криволинейными лопатками (черт. 65), Колесо насажено на конецъ вала A .

Во второмъ случаѣ (черт. 68) криволинейныя крылья отливаютъ вмѣстѣ съ находящеюся по срединѣ шайбою CD , коей втулка имѣетъ то же криволинейное очертаніе, чтобы вода, въ всасывающемъ пространствѣ этого колеса, протекала съ постоянною скоростью.

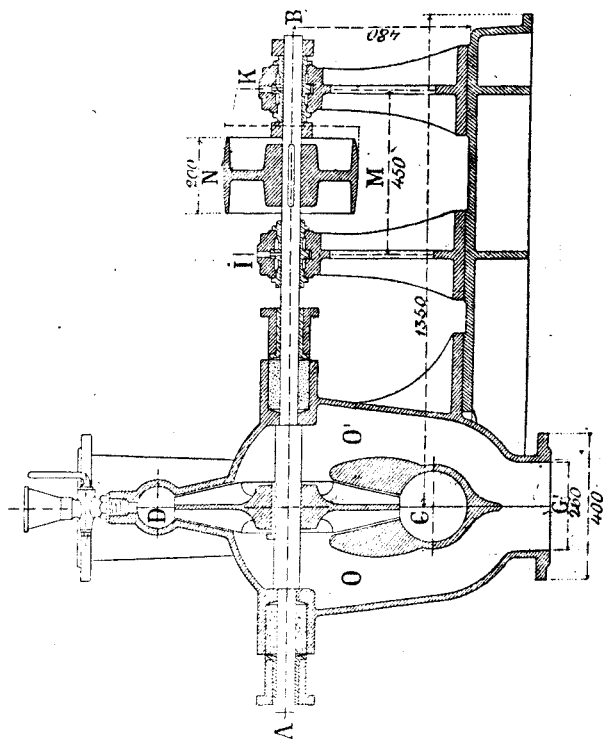
Устройство всасывающаго рукава съ одной стороны, черт. 65, при большихъ высотахъ подъема, представляетъ то неудобство, что въ такомъ случаѣ значительное давленіе, по направленію къ всасывающему отверстию G , можетъ явиться причиною сдвигенія вала. Неудобство это устраняется посредствомъ притока съ двухъ сторонъ, т. е. двухъ рукавовъ черт. 68, симметрически расположенныхъ относительно крыльчатого колеса.

Въ насосахъ прежняго устройства плоскія крылья предполагали по радіусамъ; эта форма и направленіе, какъ показываютъ результаты опытовъ съ насосами Аппольда влечетъ за собою ничтожную полезную работу насоса. Изъ цѣлой серіи опытовъ укажемъ на наиболѣе характерные результаты.

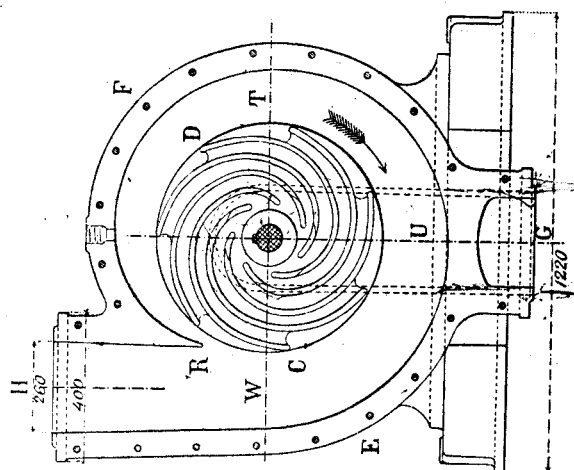
1. Насосъ съ плоскими радіальными крыльями: наружный діаметръ насоса 0,305 метра, центральное отверстіе 0,1525 м., ширина колеса параллельно оси 0,079 м., колесо съ сплошною по срединѣ шайбою и двустороннемъ притокѣ воды, какъ показано на черт. 68. При высотѣ подъема равной 5,48 метр. и 720 оборотахъ колеса въ минуту, количество поднятой воды въ одну секунду составляло 35,87 литровъ и коэффициентъ полезнаго дѣйствія $\eta = 0,243$.

2. Насосъ тѣхъ же размѣровъ съ плоскими крыльями, расположенными подъ угломъ 45° къ радіусу. При высотѣ подъема 5,48 метр. и 694 оборотахъ колеса въ минуту, ко-

Черт. 68.



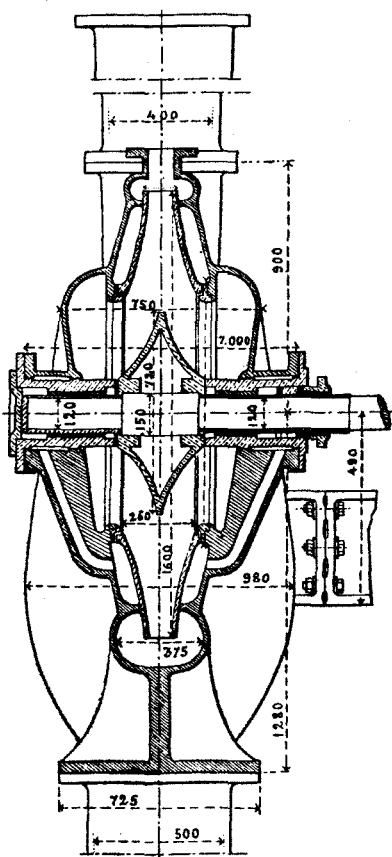
Черт. 99.



личество поднятой воды въ одну секунду составляло 42,40 литровъ и $\eta = 0,398$.

3. Насосъ тѣхъ-же размѣровъ съ криволинейными крыльями при высотѣ подъема 5,69 метра и 793 оборотахъ колеса въ минуту, поднималъ 97,20 литровъ воды въ одну секунду и коэффициентъ $\eta = 0,685$.

Черт. 70.



Новѣйшіе насосы снабжены криволинейными крыльями и при этомъ ширина ихъ уменьшается, по направленію отъ оси къ окружности, потому что изъ многихъ опытовъ оказывается, что такіе насосы обладаютъ наиболѣе высокимъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія.

Какъ мы выше видѣли крыльчатые колеса устраиваютъ открытыми (черт. 65 и 68); однако въ колесахъ болѣе совершеннаго устройства они бываютъ съ боковъ закрытыми, (черт. 70) потому что вода, въ такомъ случаѣ, скользитъ по внутреннимъ поверхностямъ крыльевъ и уменьшается потеря работы на преодоленіе тренія между частицами жидкости въ открытомъ колесѣ, въ пространствѣ между крыльями

и кожухомъ. Кромѣ того, при вращеніи закрытаго колеса не существуетъ обратнаго движенія [воды изъ подъемной трубы къ всасывающему отверстию, потому что стѣнки, закрывающія части крыльевъ, прилегаютъ къ кольцамъ, вставленнымъ въ кожухъ. Между стѣнками и кольцомъ оставляютъ зазоръ достаточный лишь для движенія колеса.

Кожухъ насоса устраиваютъ изъ чугуна или бронзы;

послѣднее особенно примѣняютъ на морскихъ судахъ, чтобы имѣть болѣе прочный и болѣе легкій насосъ. При этомъ кожухъ устраиваютъ по спиральной линіи. По Евневичу наружная стѣнка барабана, внутри котораго заключено колесо, должна имѣть такое очертаніе, чтобы, во-первыхъ частицы воды, по выходѣ изъ колеса, не могли, во время движенія внутри барабана, дѣлать болѣе одного оборота вокругъ оси, и, во-вторыхъ, чтобы скорость этого движенія, по направленію и по величинѣ, равнялась скорости, съ какою вода оставляетъ колесо. Первое условіе будетъ соблюдено, если въ *R* (черт. 69) между наружною окружностью колеса и стѣнкою барабана въ томъ мѣстѣ, гдѣ начинается рукавъ, соединяющій внутренность барабана съ подъемною трубою, оставленъ зазоръ, необходимый лишь для свободного вращенія колеса; для удовлетворенія второму условію, наружная стѣнка барабана должна быть очерчена логарифмическою спиралью. На практикѣ этого послѣдняго условія не соблюдаютъ, и чаще всего контуръ сѣченія кожуха представляетъ кругъ.

На верху кожухъ снабженъ отверстіемъ, закрываемымъ винтомъ или краномъ, для наполненія насоса водою и выкачивания воздуха; внизу находится отверстіе для его опорожненія, во избѣжаніе зимою замерзанія воды. Въ хорошо устроенныхъ насосахъ кожухъ изготовляется изъ одного куска, и только боковыя крышки кожуха привинчиваютъ къ нему болтами. На заводѣ Гвинна соединеніе боковой крышки съ наружнымъ всасывающимъ рукавомъ устраиваютъ косымъ.

На черт. 67 показано устройство кожуха съ однимъ рукавомъ. Здѣсь боковая крышка *PP* посредствомъ болтовъ привинчена къ улиткѣ кожуха. Снявъ болты и передвигая крышку по оси по направленію къ стойкѣ *I*, возможно осмотрѣть и вынуть крыльчатое колесо, которое здѣсь устроено закрытымъ, такъ что боковое его изнашиваніе не вліяетъ на дѣйствіе насоса. Такое устройство имѣетъ то преимущество, что осмотръ крыльевъ можетъ быть сдѣланъ безъ необходимости разъединять всасывающую трубу, хотя при этомъ разстояніе между кожухомъ и стойкою *I*, должно быть настолько достаточнымъ, чтобы по оси свободно передвинуть

боковую крышку *PP*, а равно и колесо *CD*. При небольших насосах, валъ лежитъ въ подшипникахъ на двухъ стойкахъ *I*, *K*, помещаемыхъ внѣ насоса, при болѣе значительной высотѣ подъема валъ проходить чрезъ кожухъ, какъ показываетъ черт. 66 и имѣетъ еще одну точку опоры.

Наконецъ слѣдуетъ упомянуть, что на заводѣ Гвинна, который ввелъ много полезныхъ усовершенствованій въ устройствѣ центробѣжныхъ насосовъ, кромѣ двухъ стоекъ *I* и *K*, ближе къ насосу находится третья стойка, къ которой насосъ прикрѣпленъ болтами. Это устройство представляетъ то преимущество, что кожухъ можетъ быть повернуть на оси и можетъ принять любое положеніе, хотя при этомъ взаимное расположеніе всасывающаго и подъемнаго отверстій остается неизмѣняемымъ. При этомъ всасывающее отверстие можетъ слѣдов. находиться или внизу, или на верху, вообще занимать одно изъ восьми положеній, потому что, по числу болтовъ, кожухъ можетъ быть повернуть каждый разъ на $\frac{1}{8}$ дуги круга. Боковая крышка кожуха находится снаружи, имѣя косое соединеніе, о чемъ выше говорено, съ всасывающимъ рукавомъ.

Въ зависимости отъ того, въ какомъ направленіи вращается крыльчатое колесо, центробѣжные насосы раздѣляютъ на правые и лѣвые, и такъ насосъ, изображенный на черт. 69, есть правый: въ немъ колесо *CD*, вращается, какъ показываетъ стрѣлка, по направленію часовой стрѣлки; на черт. 66 лѣвый насосъ. колесо коего вращается въ направленіи обратномъ движенію часовой стрѣлки. Если внутренность насоса закрыта, то различіе между правымъ и лѣвымъ насосомъ можно узнать слѣдующимъ образомъ: если встать лицомъ къ насосу и смотрѣть на него такъ, чтобы шкивъ былъ ближе къ человѣку, а кожухъ дальше, т. е. по направленію отъ *B* къ *A*, то насосъ будетъ правымъ, если вода изъ пріемнаго отверстія будетъ вытекать по направленію обратному часовой стрѣлкѣ, а лѣвымъ называется такой насосъ, съ пріемнаго отверстія котораго вода будетъ вытекать по направленію часовой стрѣлки. Насосы Гвинна бываютъ правые и лѣвые; при семи разныхъ положеніяхъ всасывающаго отверстія относительно подъемнаго отверстія, и такъ какъ насосъ

можетъ быть каждый разъ повернуть на $\frac{1}{8}$ дуги круга, то слѣдов. правый насосъ можетъ быть установленъ въ $7 \times 8 = 56$ разныхъ положеніяхъ и въ столькихъ-же положеніяхъ можетъ быть установленъ лѣвый насосъ.

Крыльчатое колесо устраиваютъ изъ чугуна, литой стали, бронзы и даже изъ тонкихъ мѣдныхъ листовъ, какъ это имѣетъ мѣсто на морскихъ судахъ, чтобы насосъ былъ возможно прочный и занималъ мало мѣста. Число лопатокъ бываетъ отъ 6 до 8 и даже до 12; онѣ имѣютъ криволинейное очертаніе, обратное направленію вращенія колеса. При мѣдныхъ колесахъ обязательно устраиваютъ боковыя стѣнки. Толщина чугунныхъ лопатокъ бываетъ отъ 6 до 10 миллиметровъ, а для крыльевъ изъ мѣдныхъ листовъ меньше.

Кожухъ насоса большею частью устраиваютъ изъ чугуна, литой стали и рѣдко мѣдный. Внутри кожуха, между нимъ и колесомъ, вставляютъ мѣдныя кольца, которые въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при мутныхъ водахъ содержащихъ много песку, очень скоро изнашиваются и по этому ихъ устраиваютъ съемными, или чтобы они не такъ скоро изнашивались, накачиваютъ чистую воду, посредствомъ особаго насоса въ кольцообразное пространство между колесомъ и кожухомъ.

Каналь, внутри кожуха, въ который поступаетъ вода, сходящая съ лопатокъ, и откуда она направляется къ выбрасывающему отверстию, устраиваютъ такого размѣра, чтобы, чрезъ каждое поперечное сѣченіе, вода протекала съ равномерною скоростью. Обыкновенно принимаютъ, что эта скорость должна быть равна той скорости, съ какою частицы воды оставляютъ колесо.

Кожухъ состоитъ иногда изъ двухъ частей раздѣленныхъ плоскостью проходящею чрезъ колесо и перпендикулярною оси вращенія послѣдняго. Слѣдуетъ предпочитать устройство кожуха изъ одного куска. Для значительныхъ высотъ подъема онъ долженъ быть особенно прочно устроенъ и для этой цѣли, между прочимъ, кожухъ снабжаютъ наружными ребрами.

Валь насоса изготовляютъ изъ желѣза и литой стали, въ рѣдкихъ случаяхъ, и при томъ на морскихъ судахъ, этотъ

валъ устраиваютъ изъ бронзы или изъ бронзированной стали. На правильный ходъ насоса и незначительное изнашиваніе вала много вліяетъ правильное устройство его точекъ опоры, а потому стараются во первыхъ уменьшать по возможности ихъ число, во вторыхъ стойки устраиваютъ возможно крѣпче, подшипники снабжаютъ винтами для ихъ передвиженія при вывѣркѣ вала и вкладыши устраиваютъ изъ мало изнашивающихся матеріаловъ, напр. изъ твердой бронзы. Чтобы при этомъ уменьшить треніе вала, которое вслѣдствіе большого числа оборотовъ бываетъ значительнымъ, шейку вала дѣлаютъ такихъ размѣровъ, чтобы давленіе въ подшипникахъ было возможно меньше, а именно: отъ 0,03 до 0,07 килограмма на квадратный миллиметръ, и соотвѣтственно этому получается отношеніе діаметра шейки къ его длинѣ какъ 1 : 4 до 1 : 6.

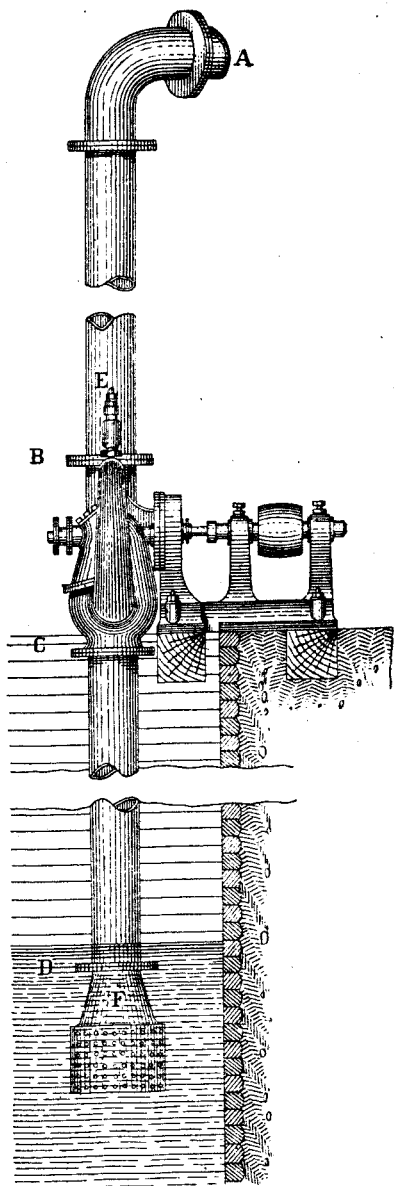
Наконецъ для точной установки колеса съ валомъ послѣдній имѣетъ иногда возможность быть передвинутымъ по направленію его оси.

Для правильной работы насоса необходимо, чтобы наружный воздухъ не могъ проникать ни въ всасывающую трубу, ни въ насосъ, и поэтому соединеніе этихъ двухъ частей между собою, насоса съ подъемною трубою, и устройство сальниковъ должно быть такое, чтобы эти части герметически закрывали насосъ. Такъ на черт. 70 показанъ въ вертикальномъ разрѣзѣ большой насосъ, устроенный во Франціи на заводѣ Neut et Dumont. Въ этомъ насосѣ въ цапфѣ и шейкахъ, кругомъ вкладышей, оставлено кольцеобразное пространство, которое посредствомъ трубки соединяется съ подъемною трубою. Открывая кранъ въ этой трубкѣ, кольцеобразное пространство наполняется водою, находящеюся подъ такимъ-же давленіемъ, какъ и въ подъемной трубѣ. Вода эта, слѣдовательно, герметически закрываетъ насосъ.

Центробѣжный насосъ съ двумя стойками, какъ показано на черт. 65 и 66, между которыми помѣщенъ рабочій шкивъ для ремня, или рабочій и холостой шкивы, вообще говоря, предпочтительнѣе для продолжительнаго употребленія и при высотахъ подъема свыше 5 метровъ. Кромѣ всасывающей и подъемной трубы къ центробѣжному насосу принадлежатъ еще слѣдующія части:

1. Внизу всасывающей трубы помѣщается пріемный клапанъ съ коробкою или сѣткою (послѣдняя присоединяется для защиты прибора отъ засоренія, слѣдовательно, размѣры отверстій въ нихъ должны быть немного меньше предметовъ могущихъ попасть въ насосъ; онѣ особенно необходимы, когда приходится работать съ засоренною или мутною водою). Клапанъ открывается снизу вверхъ, онъ необходимъ въ томъ случаѣ, если для приведенія насоса въ дѣйствіе приходится насосъ наполнять водою. Иногда устраиваютъ въ коробкѣ дисковый клапанъ, который посредствомъ желѣзнаго стержня соединяется съ рукояткою, помѣщенною въ такомъ мѣстѣ, чтобы человекъ могъ поднять или опустить дискъ. Клапанъ или задвижку помѣщаютъ, наконецъ, иногда непосредственно ниже всасывающаго отверстія насоса.

Черт. 71.



2. Всасывающая труба должна имѣть къ насосу по возможности одинъ подъемъ, безъ изгибовъ, чтобы воздухъ, поднимающійся вмѣстѣ съ водою, собирался въ верхней части кожуха. Если же всасываніе происходитъ при разныхъ глубинахъ, то эта труба устраивается телескопическою.

3. На верху подъемной трубы помѣщаютъ обратный клапанъ *A* черт. 71, примѣняемый въ томъ случаѣ, когда при насосѣ находится инжекторъ, служащій для высасыванія воздуха изъ насоса и всасывающей трубы. Тогда подъемную трубу закрываетъ обратный клапанъ. При немъ невозможно обратное движеніе воды по подъемной трубѣ во время остановки насоса, если верхній конецъ трубы лежитъ ниже уровня воды.

4. Если высота подъема превосходитъ 5 до 6 метровъ, то полезно бываетъ въ подъемной трубѣ, непосредственно надъ выбрасывающимъ отверстіемъ насоса, помѣщать задвижку или обратный клапанъ, чтобы закрыть подъемную трубу, потому что выкачиваніе воздуха потребовало бы лишнее время. Эта задвижка или клапанъ, кромѣ того, задерживаютъ воду въ трубѣ во время остановки насоса, вслѣдствіе чего возможно избѣгнуть удара воды о насосъ.

5. Полезная работа центробѣжнаго насоса не такъ велика, какъ это принято считать, такъ напр. въ насосахъ, которыхъ крылья закрыты, она не превосходитъ 0,60 индикаторной работы; въ обыкновенныхъ насосахъ, съ открытыми крыльями, она составляетъ 0,50 и при большой высотѣ подъема и значительной длинѣ подъемной трубы, она не превосходитъ 0,40 до 0,45 индикаторной работы. На пониженіе производительности насоса въ послѣднемъ случаѣ влияетъ треніе воды въ насосѣ и въ трубахъ, которое, какъ кажется, значительно больше того, какое принято считать.

Центробѣжный насосъ посредствомъ болтовъ прикрѣпляется къ фундаменту къ чугунной доскѣ или къ деревянной рамѣ. Для тѣхъ случаевъ, которые насъ интересуютъ, насосъ устанавливается надъ колодцемъ, какъ показывается черт. 71, гдѣ *A* есть обратный клапанъ, *AB* подъемная труба, *BC* насосъ, *CD* всасывающая труба, *E* на верху насоса паровой эжекторъ, и въ *F*, внизу всасывающей трубы, сѣтки съ пріемнымъ клапаномъ. На берегу рѣчки или пруда насосъ устанавливаютъ какъ показано на черт. 72.

Центробѣжные насосы приводятъ въ движеніе помощью паровыхъ машинъ и турбинъ, избѣгая конныхъ приводовъ и вѣтряныхъ двигателей, потому что однимъ изъ условій

правильнаго дѣйствія насоса служить равномерное движеніе. Передача движенія производится посредствомъ ремней или канатовъ; въ послѣднее, однако, время большіе насосы насаживаютъ прямо на валъ паровой машины или локомотива.

Чер. 72.



Въ началѣ работы насосъ и всасывающая труба должны быть наполнены водою. Если насосъ поставленъ на небольшой высотѣ надъ водою, откуда предполагаютъ ее поднимать, то непосредственно подъ всасывающимъ отверстиемъ помѣщаютъ задвижку. Обыкновенно всасывающая труба имѣетъ нѣкоторую длину, внизу ея помѣщаютъ пріемный клапанъ съ сѣткою. Черезъ отверстие, находящееся на верху кожуха, наполняютъ водою трубку и насосъ, и затѣмъ передаютъ насосу движеніе двигателя.

Изъ этого описанія видимъ, что пріемный клапанъ съ сѣткою необходимы только въ началѣ работы насоса, поэтому нѣкоторые заводы, напр. Гвинна. Дюмона, соединяютъ насосъ съ конденсаторомъ паровой машины помощью трубки. Чтобы въ конденсаторѣ образовать

безвоздушное пространство, сперва работает паровая машина, затѣмъ открываютъ сообщеніе между насосомъ и конденсаторомъ, вслѣдствіе чего происходитъ подъемъ воды по всасывающей трубѣ. Въ моментъ, когда вода поднимется до крыльчатого колеса, давленіе на паровую машину значительно возрастаетъ и, чтобы не произошла ея внезапная остановка, усиливаютъ притокъ пара въ цилиндръ. Насосъ поэтому очень быстро вращается и поднимаетъ воду на полную высоту при полной скорости, такъ что приходится уменьшать число оборотовъ до той величины, при которой она работаетъ самымъ производительнымъ образомъ.

Вмѣсто наполненія насоса водою, въ началѣ работы, къ нему прибавляютъ пароструйные приборы, а именно эжекторы и инжекторы, которые высасываютъ воздухъ въ насосъ, вслѣдствіе чего вода поднимается по всасывающей трубѣ; пріемный клапанъ оказывается при этомъ излишнимъ, достаточно одного напорного клапана въ концѣ подъемной трубы, какъ показано на черт. 71.

Наполненіе водою продолжается отъ 30 секундъ до 3 минутъ.

Центробѣжные насосы, по причинѣ большаго числа оборотовъ, которое при малыхъ насосахъ достигаетъ до 2000 въ одну минуту, работаютъ помощью паровыхъ машинъ, турбинъ и электродвигателей, впрочемъ при насосахъ, устраиваемыхъ для сельскохозяйственныхъ надобностей, прибѣгаютъ къ силѣ животныхъ, посредствомъ коннаго привода.

При паровыхъ машинахъ, ея валъ соединяется муфтою съ валомъ насоса, или-же устраиваютъ ременную, зубчатую и канатную передачу движенія.

Ременная передача устраивается съ такимъ расчетомъ, чтобы скорость ремня не превосходила 10 метровъ въ секунду, потому что при болѣе значительной скорости, вслѣдствіе увеличившейся центробѣжной силы, уменьшается соприкасаніе ремня со шкивомъ. Ширину ремня B , въ зависимости отъ числа n оборотовъ шкива въ одну минуту, его діаметра d въ метрахъ и N числа паровыхъ силъ къ пе-

редачѣ, при v не больше 10 метровъ, опредѣляютъ нѣкоторые по эмпирической формулѣ

$$B = \frac{3000 N}{n \cdot d}$$

При канатной передачѣ (пеньковой или хлопковой) скорость можно допустить отъ 20 до 30 метровъ въ секунду, но при этомъ требуются шкивы большого размѣра, или-же нѣсколько тонкихъ канатовъ

Зубчатая передача оказывается удобною, если колеса снабжены угловыми (стрѣльчатыми) зубьями, при которыхъ ходъ весьма спокойный, почти безъ удара и допускаетъ большое отношеніе передачи.

Въ послѣднее время стали насосъ помѣщать на валу двигателя; существуетъ нѣсколько заводовъ (Бродница въ Берлинѣ, Гвинна въ Лондонѣ, Дюмона въ Парижѣ), которые центробѣжный насосъ соединяютъ съ вертикальною паровою машиною, большею частью, компаундъ, слѣдов. требующею мало мѣста.

Такого рода машины устанавливаются постоянными, прикрѣпляя ихъ къ основанію, напр. внутри фабричныхъ зданій или морскихъ судовъ; или-же при локомотивахъ ихъ укрѣпляютъ на площадкахъ, по наружному виду немного напоминающихъ площадку желѣзнодорожнаго паровоза. Валъ паровой машины, имѣющій направленіе параллельное оси котла локомотива, выступаетъ однимъ концомъ внѣ площадки; на этотъ конецъ насаживаютъ насосъ, или когда въ немъ нѣтъ надобности, вмѣсто вала укрѣпляютъ моховое колесо, служащее для передачи силы какому нибудь исполнительному механизму, напр. мельницѣ, молотилкѣ и проч. Паровыя машины для центробѣжныхъ насосовъ бываютъ отъ 6 до 100 нарицательныхъ силъ, при 720 до 250 оборотахъ колеса въ одну минуту.

На слѣдующихъ таблицахъ приводимъ насосы, устраиваемые на четырехъ заводахъ, съ указаніемъ діаметра всасывающей трубы, производительности насоса, числа лошадиныхъ силъ на единицу высоты и стоимости насоса безъ трубъ, клапановъ и прочихъ частей.

1) Центробѣжные насосы L. Neut et L. Dumont въ Парижѣ.

Диаметръ всасы- вающей трубы въ мет- рахъ.	Производительность насоса въ одинъ часъ кубическихъ метровъ,	Количество лошадиныхъ силъ паровой машины на одинъ метръ высоты подъема.	Цѣна на- соса въ фран- кахъ.
0,035	Отъ 2,70 до 4.50	Отъ 0,03 до 0,05	175
0,045	„ 6,00 „ 9.00	„ 0,05 „ 0,08	250
0,060	„ 11,00 „ 18.00	„ 0,10 „ 0,15	375
0,075	„ 22,00 „ 36.00	„ 0,20 „ 0,30	450
0,100	„ 45,00 „ 60.00	„ 0,32 „ 0,45	550
0,125	„ 60,00 „ 90.00	„ 0,45 „ 0,60	700
0,150	„ 110,00 „ 165.00	„ 0,75 „ 1,10	850
0,175	„ 170,00 „ 250.00	„ 1,15 „ 1,70	1.000
0,200	„ 220,00 „ 325.00	„ 1,50 „ 2,20	1.250
0,225	„ 300,00 „ 450.00	„ 2,00 „ 2,75	1.500
0,250	„ 360,00 „ 540.00	„ 2,50 „ 3,50	1.800
0,275	„ 480,00 „ 720.00	„ 3,00 „ 4,50	2.100
0,300	„ 575,00 „ 865.00	„ 3,60 „ 5,25	2.400
0,325	„ 750,00 „ 1100.00	„ 4,50 „ 6,40	2.700
0,350	„ 900,00 „ 1250.00	„ 5,50 „ 7,25	3.200
0,400	„ 1100,00 „ 1650.00	„ 6,50 „ 10,00	3.750

Насосы этого завода устраиваются для паровыхъ машинъ, турбинъ или электромоторовъ; употребленіе силы человѣка или коннаго привода исключается. Выбрасывающее отверстіе насоса меньше всасывающаго, но діаметръ желѣзныхъ цинкованныхъ трубъ одинаковъ и потому соединеніе насоса съ подъемною трубою достигается помощью короткой конической трубы съ флянцами, которая болтами привинчивается къ фланцамъ всасывающаго отверстія и послѣдней трубы.

Наполненіе насоса водою чрезъ верхнее отверстіе примѣняется при діаметрахъ его не болѣе 20 сантиметровъ (8 дюймовъ); для насосовъ этой величины и выше употребляютъ эжекторъ, слѣдовательно, въ первомъ случаѣ необ-

ходимъ подъемный клапанъ внизу всасывающей трубы, во второмъ случаѣ — напорный клапанъ на верху подъемной трубы.

2) Центробѣжные насосы Société française de matériel agricole à Vierzon.

Диаметръ всасывающей трубы въ метрахъ.	Производительность насоса въ одинъ часъ кубическихъ метровъ.	Количество лошадиныхъ силъ паровой машины при высотѣ подъема.		
		1 метръ.	5 метровъ.	10 метровъ.
0,050	13,50	0,11	0,55	1,10
0,080	36,00	0,35	1,75	3,50
0,100	54,00	0,50	2,20	4,40
0,125	91,80	0,67	3,40	6,75
0,150	135,00	0,80	4,15	8,30
0,200	243,00	1,50	7,50	15,00
0,250	405,00	2,30	11,50	23,00
0,300	486,00	2,77	13,75	27,50
0,450	1 215,00	5,88	29,00	58,80

Насосы этого завода устраиваются съ эжекторомъ, который высасываетъ около 0,70 воздуха изъ объема имъ занимаемаго въ насосѣ и въ трубѣ

3) Центробѣжные насосы Г. Листа въ Москвѣ.

Диаметръ всасывающей трубы въ дюймъ.	Производительность насоса въ одинъ часъ-ведеръ.	Количество лошадиныхъ силъ паров. машины на одинъ футъ высоты подъема.	Цена насоса рублей.	Диаметръ всасывающей трубы въ дюймъ.	Производительность насоса въ одинъ часъ-ведеръ.	Количество лошадиныхъ силъ паров. машины на одинъ футъ высоты подъема.	Цена насоса рублей.
1,5	720	0,0185	100	7	18.900	0,4300	435
2	1,440	0,0400	135	8	24.000	0,5650	515
3	2,880	0,0800	180	10	39.000	0,8720	670
4	5,700	0,1550	220	12	54.000	1,2450	935
5	8,400	0,2000	270	15	84.000	1,8700	1.275
	13,800	0,3000	355	18	126.000	2,8050	1.900

4. Центробѣжные насосы I. A. H. Группе въ Лондонѣ.

Диаметръ всасы- вающей трубы.	Проводительность насоса въ одинъ часъ.		Кубическихъ метровъ.		Количество лошади- ныхъ силъ на вы- соту подъема.		Диаметръ шкина.		Приближи- тельный на- сосъ въ пудахъ.	Цѣна насоса. Рублей.
	отъ	до	отъ	до	1 фута.	1 метра.	дюйм.	метровъ.		
1	0,025	260	450	4,08	0,006	0,019	3	0,075	2,50	
2	0,050	1,150	1,770	15,00	0,019	0,062	4	0,100	4,75	
3	0,075	2,660	4,000	32,70	0,047	0,154	4	0,100	8,50	290
4	0,100	4,400	6,600	54,48	0,078	0,255	5	0,125	11,00	380
5	0,125	7,770	11,100	95,40	0,14	0,459	6	0,150	18,00	490
6	0,150	11,100	16,650	136,20	0,22	0,721	8	0,200	20,00	560
7	0,175	15,540	22,200	190,80	0,30	0,984	10	0,250	32,50	740
8	0,200	19,980	28,860	245,28	0,34	1,115	10	0,250	38,00	800
9	0,225	25,530	35,520	313,44	0,41	1,344	10	0,250	42,50	890
10	0,250	35,520	48,840	436,08	0,64	2,099	12	0,305	61,25	990
12	0,300	44,400	66,600	545,16	0,88	2,880	14	0,350	68,00	1570
14	0,350	62,160	88,800	763,20	1,10	3,608	16	0,405	108,50	1870
15	0,375	66,600	111,000	817,74	1,20	3,936	16	0,405	122,00	1960
16	0,400	77,700	117,660	958,94	1,50	4,920	18	0,455	140,00	2330
18	0,450	99,900	155,400	1,226,52	1,80	5,904	18	0,455	186,00	2980
20	0,500	144,300	188,700	1,771,68	—	—	20	0,505	232,50	4180
22	0,550	155,400	222,000	1,908,06	—	—	22	0,560	251,00	4840
24	0,600	187,500	266,400	—	—	—	24	0,610	—	—
30	0,750	235,000	311,900	—	—	—	36	0,915	—	—

Изъ этихъ таблицъ видимъ, что, въ отношеніи производительности, выше другихъ стоятъ насосы Гвинна, требующе наименьшей силы, сравнительно съ насосами другихъ заводовъ.

Зная высоту подъема и количество воды, которое предполагается поднять, возможно опредѣлить размѣръ насоса, необходимую силу, равно какъ и другіе элементы. Въ этомъ и заключается одно изъ преимуществъ центробѣжнаго насоса, что заводы изготовляютъ ихъ для каждого даннаго случая, при условіи расходованія извѣстнаго количества топлива. Согласно многочисленныхъ опытовъ, расходъ топлива въ часъ на одну силу, выраженную въ поднятой водѣ, составляетъ отъ .2,37 до 3,41 килограмма каменнаго угля, въ среднемъ около трехъ килограммовъ, т. е. 7,32 фунтовъ.

Высота, на которую центробѣжный насосъ можетъ поднять воду, при извѣстныхъ размѣрахъ его колеса, какъ мы выше сказали, зависитъ отъ числа оборотовъ въ единицу времени, которое, вслѣдствіе физическихъ свойствъ матеріаловъ, а именно, твердости, упругости, вѣса и другихъ, имѣетъ однако свой предѣлъ, и между прочимъ, по этой причинѣ, насосъ не всегда можетъ быть соединенъ непосредственно съ паровою машиною. Паровыя машины, вращающія насосъ, дѣлаютъ обыкновенно не болѣе 100 до 150 оборотовъ въ минуту, то есть, не больше числа оборотовъ колесъ паровоза, и при насосѣ требуютъ лишь немного больше смазки. При такомъ устройствѣ полезно имѣть паровыя машины съ конденсаторомъ, чтобы уменьшить расходъ топлива, равно какъ для наполненія насоса въ началѣ его работы. Наполненный водою насосъ, при вращеніи, играетъ роль маховаго колеса (считаемъ, что насосъ находится на валу паровой машины), и поэтому вліяетъ на равномерное движеніе. Въ зависимости отъ числа оборотовъ паровой машины, центробѣжные насосы имѣютъ иногда громадныя размѣры, такъ напр. Томсонъ въ Барбадосѣ устроилъ насосъ при колесѣ діаметромъ 16 футовъ; такихъ размѣровъ насосъ очевидно не обладаетъ преимуществомъ небольшого объема.

Скорость движенія воды во всасывающей и подъемной трубахъ составляетъ иногда 3 метра, рѣдко два, и не должна быть никогда меньше одного метра въ секунду. Такая скорость очевидно указываетъ на возможность быстрого подня-

тія воды, при небольшихъ размѣрахъ снаряда, устроеннаго для этой цѣли. Этимъ преимуществомъ центробѣжныхъ насосовъ пользуются при водоотливѣ изъ доковъ, такъ напр. Neut et Dumont поставили въ докахъ Тулона два насоса (черт. 70), которые должны поднимать отъ 56 до 60 тысячъ кубич. метр. воды на высоту отъ 6 до 10, и даже до 12 метровъ. Одинъ насосъ поставленъ для малой высоты подъема и большаго расхода воды, другой насосъ, для окончанія работы, т. е. для малаго расхода и на большую высоту.

Посредствомъ этихъ насосовъ, въ теченіи $5\frac{1}{2}$ часовъ времени, откачивали 40 тысячъ кубич. метровъ воды. Машина компаундъ, непосредственно дѣйствующая на насосы, при наибольшей высотѣ подъема, дѣлаетъ около 210 оборотовъ въ минуту. Полезная работа насоса составляла въ среднемъ 0,58 и 0,60 индикаторной работы при подъемѣ на 6 до 8 метровъ, такъ что полагая полезную работу на валу равную 0,85, получаемъ для насоса $\frac{0,60}{0,85} = 0,70$.

Если высота подъема незначительна и скорость вытеканія воды изъ подъемной трубы составляетъ около двухъ метровъ въ секунду, то въ такихъ случаяхъ центробѣжные насосы оказываются малопродуктивными, потому что сообщаютъ такую скорость, какая вовсе не нужна и которая влечетъ за собою потерю извѣстнаго количества работы паровой машины.

Центробѣжные насосы примѣнимы и при переменнѣйшей высотѣ, потому что напр. для увеличенія высоты подъема достаточно увеличить число оборотовъ колеса, чтобы поднять требуемый объемъ воды; при данной же высотѣ отъ увеличенія числа оборотовъ, возрастаетъ количество поднятой воды. Чтобы при этомъ полезная работа насоса оставалась постоянною, нашли необходимымъ очертаніе крыльевъ колеса дѣлать по кривымъ линіямъ, расположеннымъ въ направленіи обратномъ направленію вращенія; у окружности колеса концы крыльевъ должны быть согнуты, почти по кривой наружной окружности колеса. Такое устройство крыльевъ влечетъ за собою суженіе ихъ выходныхъ отверстій у окружности колеса; чтобы однако между крыльями оставалось достаточное поперечное сѣченіе, для протеканія

по нимъ воды отъ центра къ окружности, необходимо увеличить ширину колеса. Вода отъ оси колеса до окружности движется тоже въ направленіи обратномъ вращенію.

Для данной высоты подъема и даннаго объема воды, наибольшая полезная работа, зависящая, между прочимъ, какъ мы говорили, отъ скорости, съ какою частицы воды оставляютъ колесо, можетъ быть достигнута при одномъ опредѣленномъ очертаніи крыльевъ колеса. Обстоятельство это уменьшаетъ въ значительной степени особыя качества центробѣжнаго насоса.

Вмѣсто крыльевъ небольшого радіуса кривизны, ихъ дѣлаютъ менѣе искривленными, и даже плоскими, но при этомъ вода, сходящая съ крыльевъ, поступаетъ сперва въ каналъ, ограниченный параллельными стѣнками, кольцеобразно обнимающими колесо. Частицы воды, поступая сюда, теряютъ часть скорости и затѣмъ переходятъ въ спиральное русло, откуда въ подъемную трубу. Такого рода насосъ, устроенный во Франціи Десоевр'омъ, оказался въ 10 разъ легче насоса Грейндля и обнаружилъ полезную работу, равную 0,79.

Полезная работа насоса, при постоянной высотѣ подъема, какъ мы видѣли, зависитъ отъ скорости на окружности колеса, такъ что уменьшеніе послѣдней вызываетъ увеличеніе полезной работы. Основываясь на этомъ, иногда высоту подъема раздѣляютъ на части, помѣщая въ каждой части насосъ такимъ образомъ, чтобы подъемная труба нижняго насоса была вмѣстѣ съ тѣмъ всасывающею трубою выше лежащаго насоса. Такое расположеніе двухъ насосовъ, съ которыми производились опыты, параллельно съ опытами простаго центробѣжнаго насоса, дало слѣдующіе результаты:

	Простой насосъ		Спаренный насосъ:		
	по расчету.		по наблюденіямъ.		
Высота подъема . .	15	м.	15	м.	15,31 м.
Скорость на окружности колеса	17,154	"	12,138	"	12,239 "
Полезное дѣйствіе .	0,507	"	0,676	"	0,63 "

Изъ этого оказывается что скорость на окружности, для спаренныхъ насосовъ, меньше чѣмъ при подъемѣ воды

помощью простаго насоса; здѣсь замѣтимъ, что эта скорость для центробѣжныхъ насосовъ рѣдко бываетъ ниже 10 метровъ въ секунду, такъ что частицы воды оставляютъ колесо, большею частью, со скоростью около двухъ метровъ, въ то же время.

Переходя къ опредѣленію размѣровъ центробѣжнаго насоса, замѣтимъ, что движеніе въ немъ жидкости можетъ быть разсматриваемо, какъ состоящее изъ слѣдующихъ фазъ:

- а. движеніе по всасывающей трубѣ;
- б. вступленіе воды на колесо съ лопатками;
- в. движеніе воды по колесу;
- г. выходъ воды съ колеса;
- д. движеніе воды по подъемной трубѣ.

Уравненія движенія воды въ различныхъ частяхъ насоса приводимъ по Евневичу и Гартману и для этого назовемъ чрезъ:

H высоту столба воды, измѣряющаго атмосферное давленіе (эта высота, какъ извѣстно, равняется 10,33 метра).

h высоту подъема, считая отъ уровня нижняго резервуара до верхняго отверстія подъемной трубы,

h_1 высоту всасыванія отъ уровня нижняго резервуара до оси колеса,

h_2 высоту нагнетанія,

Q объемъ воды, доставляемой насосомъ въ единицу времени,

V, W абсолютныя скорости воды за мгновеніе до вступленія ея на колесо и сейчасъ по выходѣ изъ него, (черт. 73),

v, v' скорости движенія внутренней и наружной окружностей колеса,

u, u' относительныя скорости воды на первомъ и послѣднемъ элементахъ лопатки колеса,

c скорость истеченія изъ оконечностей подъемной трубы,

a площадь отверстія, чрезъ которое вытекаетъ вода, выливаясь изъ этой трубы,

r, r' радиусы внутренней и наружной окружностей колеса,

$$\rho = \frac{r}{r'} \frac{v}{v'} \text{ отношеніе скоростей,}$$

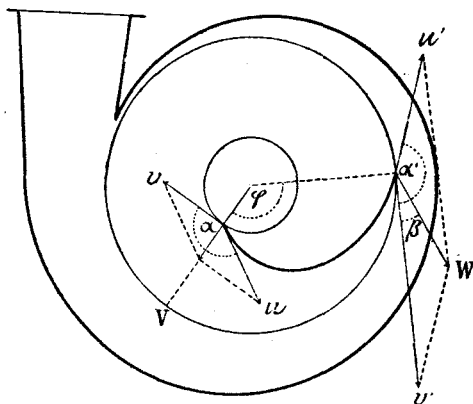
p , p_0 и p' давления во всасывающемъ пространствѣ внутри колеса, близь оконечности лопатки, и въ кожухѣ близь колеса,

ζ_1 , ζ_2 , ζ_3 высоты, затрачиваемыя на гидравлическія со-
противленія во всасывающей трубѣ, въ колесѣ насоса и въ
подъемной трубѣ,

$T = Q \cdot \gamma \cdot H$ работа насоса,

$T' = Q \cdot \gamma \cdot K$ работа усилия вращающаго ось колеса,
 μ коэффициентъ наполненія (lieferungsgrad).

Черт. 73.



b , b' внутренняя и наружная ширина лопатокъ,

e толщина и z число лопатокъ,

d_1 , d_2 и l_1 , l_2 діаметры и длины трубъ, всасывающей и
подъемной,

i ширина канала образуемаго лопатками,

α , α' углы, которые составляютъ касательныя къ лопаткѣ
у внутренней и наружной окружностей колеса съ направле-
ніями скоростей колеса, т. е. α есть уголъ (v , u) и α' есть
уголъ (v' , u'),

β уголъ (W , v').

Центробѣжный насосъ работаетъ правильно, если чрезъ
различныя части насоса протекаетъ въ единицу времени одно
и тоже количество воды; рассмотримъ поэтому вышеприве-
денныя фазы этого движенія.

а. Движеніе по всасывающей трубѣ.

При вращеніи колеса частицы воды движутся по направленію отъ оси къ его наружной окружности и въ это-же время, вслѣдствіе атмосфернаго давленія, въ колесо поступаетъ новый объемъ воды изъ всасывающей трубы. Атмосферное давленіе должно преодолѣть сопротивленіе движенію, и для всасыванія должно быть соблюдено условіе, чтобы

$$A > h_1 + \zeta_1 + \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (1)$$

принимая скорость во всасывающей трубѣ равную V , и называя чрезъ ζ_1 высоты, отвѣчающія сопротивленіямъ при движеніи воды: 1. чрезъ приѣмную сѣтку, 2. чрезъ приѣмный клапанъ и 3. по всасывающей трубѣ.

Для равномернаго вращенія оси колеса и установившагося движенія воды имѣемъ уравненіе абсолютнаго движенія

$$\frac{p}{\gamma} = A - \left(h_1 + \zeta_1 + \frac{V^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Если части насоса соединены между собою настолько плотно, что воздухъ не можетъ проникать внутрь насоса и вода вытекать наружу, то всасываемый объемъ воды равенъ дѣйствительно поднятому, такъ что

$$Q = \frac{\pi d_1^2}{4} V \dots \dots \dots (3)$$

откуда можемъ опредѣлить діаметръ всасывающей трубы. Обыкновенно для центробѣжныхъ насосовъ, вслѣдствіе ихъ равномерности движенія, принимаютъ V больше нежели для поршневыхъ насосовъ, но предѣлъ этой скорости даетъ выраженіе (1), потому что, съ увеличеніемъ этой скорости, возрастаютъ вредныя сопротивленія и, слѣдовательно, уменьшается высота всасыванія. Принимаютъ, какъ выше сказано, скорость V равную одному метру, и для короткой трубы равную 2,5 метрамъ въ секунду.

Эти формулы служатъ и въ томъ случаѣ, если насосъ работаетъ безъ всасыванія, такъ что вода притекаетъ къ колесу вслѣдствіе силы тяжести; тогда въ формулахъ слѣдуетъ поставить h_1 отрицательнымъ.

Въ случаѣ двусторонняго притока воды къ насосу имѣемъ:

$$Q = \frac{\pi d_1^3}{2} \cdot V$$

Чтобы размѣры колеса получились меньше, принимаютъ радиусъ внутренней окружности колеса $r = 0,5 d_1$ и тогда имѣемъ:

въ случаѣ односторонняго притока

$$r = \sqrt{\frac{Q}{\pi V}}$$

и въ случаѣ двусторонняго притока

$$r = \sqrt{\frac{Q}{2\pi V}}$$

. (4)

На практикѣ для этого случая берутъ $r = 0,6 d_1$.

Кромѣ того мы знаемъ, что по условію равенства объемовъ воды, протекающихъ въ единицу времени чрезъ различные сѣченія насоса.

$$Q = 2\pi r b V = \pi r^2 V, \text{ или } 2\pi r^2 V, \quad . . . (5)$$

смотря потому будетъ ли притокъ съ одной стороны, или съ двухъ сторонъ. Слѣдовательно:

въ случаѣ односторонняго притока

$$b = \frac{1}{2} r = \sqrt{\frac{Q}{4\pi V}}$$

и въ случаѣ двусторонняго притока

$$b = r = \sqrt{\frac{Q}{2\pi V}}$$

. (6)

Изъ формулъ (4) и (6) видимъ, что при одностороннемъ притокѣ колесо выходитъ меньшей ширины, но большаго радиуса, нежели при двустороннемъ притокѣ.

6. Вступленіе воды на колесо.

Предположимъ, что вода вступаетъ на колесо безъ удара и распредѣляется равномерно во всѣ стороны по внутренней окружности колеса, такъ что, съ достаточною для практики точностью, можетъ принять скорость V одинаковую по всей внутренней окружности колеса и направленной по радиусамъ круга r . Если вода вступаетъ безъ удара, то скорость V разлагается по направленію скорости колеса v и u

по касательной къ первому элементу лопатки, такъ что тогда существуетъ уравненіе

$$v^2 = u^2 - V^2 \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Кромѣ того изъ равенства объемовъ имѣемъ:

$$Q = \left(2 \pi r - z \frac{e}{\sin \alpha} \right) b. \quad V = z. b. i \quad U$$

гдѣ, принимая во вниманіе уравненіе (3), можемъ поставить

$$i = \frac{2 \pi r}{z} \sin \alpha - e \quad . \quad . \quad (9)$$

и опредѣлить разстояніе между лопатками. Число лопатокъ z теоретически опредѣлено быть не можетъ; оно опредѣляется на основаніи соображеній, что эти части колеса должны обезпечить движеніе жидкости по извѣстной линіи, причемъ разстояніе между двумя смежными лопатками не должно быть значительнымъ. Толщина чугунной лопатки составляетъ отъ 6 до 10 миллиметровъ; лопатки изъ листового желѣза или бронзовыя дѣлаютъ тоньше.

в. Движеніе воды по колесу.

Вода по колесу движется ускореннымъ движеніемъ, скорость u возрастаетъ до u' , давленіе p до p_0 . Количество работы, съ которымъ вода вступаетъ на колесо, пропорціонально высотѣ жидкости $\frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g}$; количество работы, съ которымъ вода сходитъ съ колеса, пропорціонально высотѣ жидкости $\frac{p_0}{\gamma} + \frac{u'^2}{2g}$, и наконецъ количество работы центробѣжной силы пропорціонально $\frac{v'^2 - v^2}{2g}$, потому что вѣсь жидкости во всѣхъ трехъ случаяхъ остается постояннымъ. При этомъ слѣдуетъ однако замѣтить, что вѣсь жидкости составляетъ $\frac{Q\gamma}{\mu}$ вмѣсто $Q\gamma$, потому что, вообще говоря, чрезъ колесо протекаетъ больше воды, нежели поступаетъ въ подъемную трубу; нѣкоторый объемъ воды течетъ обратно изъ кожуха во всасывающую трубу. Этотъ послѣдній объемъ увеличивается по мѣрѣ того, какъ колесо менѣе плотно прилегаетъ къ кожуху; напр. въ насосахъ съ одностороннимъ

притокомъ, эта потеря находится въ зависимости отъ величины зазора между ребромъ лопатки и кожухомъ. Для хорошо устроенныхъ насосовъ, съ колесами снабженными боковыми стѣнками, величина наполненія μ составляетъ отъ 0,90 до единицы.

Уравненіе движенія будетъ:

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} + \frac{v'^2 - v^2}{2g} = \frac{p_0}{\gamma} + \frac{u'^2}{2g} + \zeta_2 \quad . \quad . \quad (10)$$

гдѣ ζ_2 высота, затрачиваемая на гидравлическія сопротивленія.

г. Выходъ воды съ колеса.

Абсолютная скорость W , съ которою вода сходитъ съ колеса, получается изъ выраженія

$$W^2 = v'^2 + u'^2 - 2 u' v' \cos (180 - \alpha') \quad . \quad . \quad (11)$$

точно также имѣемъ

$$u' = \sqrt{v'^2 + W^2 - 2 v' W \cos \beta} = v' \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha' - \beta)} \quad . \quad . \quad (12)$$

Кромѣ того условіе равенства количества воды, протекающаго въ единицу времени чрезъ различныя части насоса, даетъ

$$Q = \left(2 \pi r' - z \frac{e}{\sin \alpha'} \right) b W \sin \alpha' = z \cdot b \cdot i' \cdot u' \quad . \quad . \quad (13)$$

откуда возможно поставить:

$$i' = \frac{2 \pi r'}{z} \sin \alpha' - e \quad . \quad . \quad (14)$$

д. Движеніе въ подъемной трубѣ

Количество работы $Q\gamma \left(\frac{p'}{\gamma} + \frac{W^2}{2g} \right)$ должно поднять жидкость вѣсомъ $Q\gamma$ на высоту h_2 , сообщивъ водѣ скорость c , при истеченіи чрезъ верхнее отверстіе трубы и преодоливъ сопротивленіе движенію въ подъемной трубѣ, слѣдовательно, уравненіе движенія будетъ:

$$\frac{p'}{\gamma} + \frac{W^2}{2g} = h_2 + A + \zeta_3 + \frac{c^2}{2g} \quad . \quad . \quad (15)$$

если предположимъ, что въ подъемной трубѣ вода движется со скоростью c , и гдѣ ζ_3 высоты, затрачиваемыя на гидра-

влическія сопротивленія движенію: 1. при входѣ въ подъемную трубу; 2. при движеніи по трубѣ; 3. при проходѣ черезъ обратный клапанъ и 4. при вытекании воды изъ подъемной трубы.

Изъ уравненій (2), (10) и (15) имѣемъ:

$$h_1 + h_2 + \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \frac{c^2}{2g} = \frac{1}{2g} (v'^2 - v^2 + u^2 - u'^2 + W^2 - V^2).$$

Принимая во вниманіе уравненія (8) и (11) и подставляя:

$$\begin{aligned} H &= h_1 + h_2 \\ Z &= \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 \\ W \cos \beta &= v' - u' \cos (180 - \alpha') \end{aligned}$$

получимъ

$$H + Z + \frac{c^2}{2g} = \frac{v' W \cos \beta}{g} = \frac{1}{g} v' [v' - u' \cos (180 - \alpha')] \quad (16)$$

Изъ этого уравненія, послѣ нѣсколькихъ преобразованій, имѣемъ

$$H + Z + \frac{c^2}{2g} = \frac{v'^2}{2g} \left[1 + \frac{\sin (\alpha' + \beta)}{\sin (\alpha' - \beta)} \right]$$

откуда

$$v' = \frac{2g (H + Z + \frac{c^2}{2g})}{1 + \frac{\sin (\alpha' + \beta)}{\sin (\alpha' - \beta)}} = C \sqrt{2g (H + Z + \frac{c^2}{2g})} \quad \dots (17)$$

гдѣ C есть нѣкоторое число, зависящее отъ формы лопатки. Для наиболѣе употребительныхъ криволинейныхъ лопатокъ, обращенныхъ выпуклостью въ сторону вращенія колеса, уголъ $\alpha > 90^\circ$, и такъ какъ уголъ β долженъ быть во всякомъ случаѣ острый, то

$$\frac{\sin (\alpha' + \beta)}{\sin (\alpha' - \beta)} < 1$$

такъ что $1 > C > 0,707$.

Для лопатокъ, при которыхъ $\alpha' = 90^\circ$, послѣднее выраженіе равно единицѣ, слѣд. $C = 0,707$.

Если же лопатки обращены вогнутостью къ направленію вращенія колеса, то послѣднее выраженіе больше единицы и $C < 0,707$, т. е. при такомъ устройствѣ лопатокъ скорость вращенія колеса будетъ значительно меньше, слѣдов.

медленно вращающіеся насосы удобнѣе для преодоленія большихъ высотъ подъема.

Центробѣжный насосъ работаетъ наиболѣе производительно, если для данной высоты подъема скорость v' будетъ возможно малая. Условіе это будетъ соблюдено, если выраженіе.

$$\frac{\sin(\alpha' + \beta)}{\sin(\alpha' - \beta)}$$

принимаетъ максимальное значеніе.

Наименьшее значеніе v' бываетъ если давленіе внутри колеса не измѣняется и вода сходится съ колеса безъ увеличеннаго давленія, такъ что центробѣжная сила служитъ лишь для увеличенія скорости вдоль лопатки отъ u до u' .

Идеальная скорость вращенія колеса, не принимая во вниманіе вредныхъ сопротивленій, будетъ

$$v' = \frac{1}{2} \sqrt{2gH}$$

Форма лопатокъ опредѣляется посредствомъ угловъ α и α' . Первый изъ этихъ угловъ получается изъ

$$\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha) = \frac{V}{v} \dots \dots \dots (18)$$

Второй уголъ опредѣляется на основаніи приведенныхъ соображеній. Эбель предлагаетъ $\alpha' = 95^\circ$ и $\beta = 10^\circ$.

Видъ кривой, по которой вычерчены лопатки, можетъ быть опредѣленъ, принявъ извѣстный законъ измѣненія скоростей отъ V до W . Финкъ напр. предлагаетъ, чтобы составляющая этой скорости по касательной возрастала пропорціонально радіусу колеса. Тогда дѣйствительный путь, по которому движется вода, и слѣдовательно кривая лопатка, есть архимедова спираль.

Такъ напр. при $r' = 2r$ Финкъ принимаетъ уголъ при центрѣ $\varphi = 160^\circ$ и, исходя изъ этого положенія, опредѣляетъ углы α и α' .

Если же предполагають задаться углами α и α' и затѣмъ вычерчивать спираль, то уголъ φ опредѣляется изъ уравненія,

$$\varphi = \frac{r' - r}{r} \times \frac{360}{\pi \operatorname{tg}(180 - \alpha)} = \frac{r' - r}{r'} \frac{360}{\pi \operatorname{tg}(180 - \alpha')} \dots \dots (19)$$

Число оборотовъ колеса n въ минуту получимъ изъ уравненія:

$$n = \frac{30 \cdot v'}{\pi r'} = 9,55 \cdot \frac{v'}{r'} \dots \dots (20)$$

гдѣ v' опредѣляется по формулѣ (17),

Работа усилія, вращающаго ось колеса, опредѣляется по формулѣ

$$T' = \frac{2\pi n \cdot Pl}{60} = Q\gamma \left(H + Z + \frac{c^2}{2g} \right) + T^2 = \frac{1}{2} Q\gamma H \dots (21)$$

гдѣ Pl моментъ вращающій валъ и T^2 работа на преодоленіе вредныхъ сопротивленій, а именно тренія въ подшипникахъ и вращенія колеса въ жидкости. Принимаютъ $T' = 0,014 n^2 r'^2 = 1,2 v'^2$.

Коефіціентъ полезнаго дѣйствія насоса можемъ опредѣлить изъ уравненія (21), принимая во вниманіе уравненія (16) и (17). При этомъ замѣтимъ, что η получаетъ наибольшее значеніе для $\alpha' = 90 + \frac{\beta}{2}$, т. е.

$$\eta_{max.} = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{Q\gamma \frac{v'^2}{2g} (2 - 4 \cos^2 \alpha') + T^2} \dots \dots (22)$$

Руководствуясь вышеприведенными формулами, возможно опредѣлить размѣры центробѣжнаго насоса, при данныхъ: высотѣ подъема H и объемѣ воды Q . Задавшисъ величинами V и c , опредѣляютъ діаметръ всасывающей и подъемной трубы и высоты ζ_1 , ζ_2 , ζ_3 соотвѣтственно расположенію частей насоса. При этомъ давленіе p , опредѣленное по уравн. (2), должно быть положительнымъ; въ противномъ случаѣ уменьшаютъ высоту всасыванія h_1 . Принявъ извѣстныя значенія для угловъ α и β , опредѣляютъ v^1 , согласно уравненію (17). Опредѣляютъ W и u' и задавшисъ величиною отношенія

$$\varphi = \frac{r}{r'} = \frac{v}{v'}, \text{ опредѣляютъ } r \text{ и затѣмъ послѣдовательно } r', v,$$

α , u и n . Принимая извѣстное число лопатокъ z и видъ кривой лопатки при толщинѣ e , опредѣленной въ зависимости отъ рода матеріала, находятъ ширины лопатки b и b' и наконецъ опредѣляютъ T^1 и η .

Если при большой высотѣ подъема, получается весьма значительное число оборотовъ колеса n , то стараются это число уменьшить увеличеніемъ діаметра колеса.

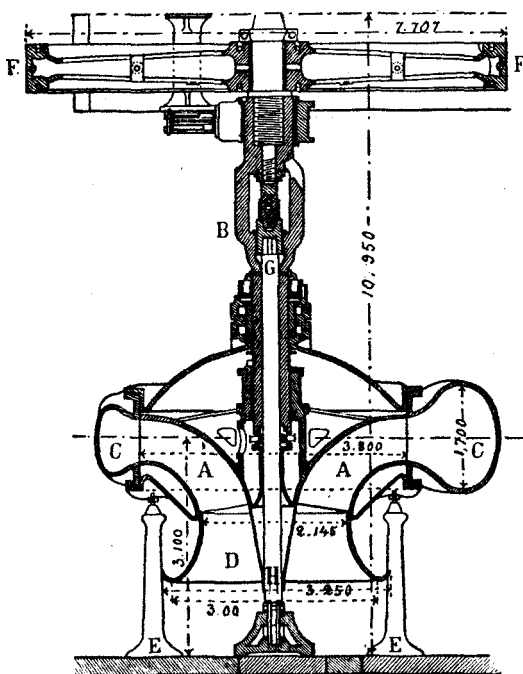
Раньше мы говорили, что въ зависимости отъ установки вала центробѣжные насосы бываютъ горизонтальные и вертикальные.

Вертикальные центробѣжные насосы, по устройству колеса, бываютъ съ боковыми стѣнками или безъ таковыхъ, съ одинаковою шириною лопатокъ, или же она уменьшается по направленію отъ оси колеса къ его окружности и наконецъ, чаще всего эти насосы строятъ съ одностороннимъ притокомъ воды. Примѣромъ устройства вертикальнаго насоса можетъ служить одинъ изъ пяти насосовъ, поставленныхъ на Нилѣ, въ Кататбѣ, для орошенія части земель провинціи Бегера, гдѣ первоначально устроенные архимедовы винты, какъ мы выше видѣли, съ перваго же дня ихъ дѣйствія подверглись серьезнымъ поврежденіямъ. Задача состояла въ томъ, чтобы въ теченіе 23 часовъ поднять 2,500,000 кубическихъ метровъ воды на высоту отъ 0,50 метра до 3 метровъ, въ зависимости отъ колебаній уровня воды рѣки Нила. Рѣшено было примѣнить пять независимо работающихъ насосовъ, снабженныхъ каждый отдѣльнымъ паровымъ двигателемъ. Насосы устроены заводомъ Фарко.

Колесо АА, (черт. 74), діаметромъ 3,80 метр. имѣетъ восемь винтообразныхъ лопатокъ, при устройствѣ которыхъ руководствовались слѣдующими соображеніями: 1. первый элементъ лопатки, считая отъ оси колеса, въ каждой точкѣ имѣетъ направленіе равнодѣйствующей скоростей въ этой точкѣ, а именно: касательной скорости V и осевой скорости части воды, 2. вода съ колеса должна сходить со скоростью равною скорости его наружной окружности, и поэтому послѣдній элементъ лопатки имѣетъ направленіе по радіусу колеса. Въ вертикальномъ разрѣзѣ стѣнки колеса имѣютъ параболическое очертаніе. Колесо, насаженное на пустотѣлый валъ В, помѣщается внутри спиральнаго кожуха СС, къ которому примыкаетъ снизу короткая всасывающая труба Д, погруженная въ воду на 0,40 м. ниже самаго низкаго уровня Нила. Надъ колесомъ находится крышка кожуха съ лазами, для осмотра сальниковъ и соединенія вала съ колесомъ. Кожухъ лежитъ на шести столбахъ ЕЕ, каждый вышиною 2 метра, имѣющихъ на верху станové винты, для точной установки насоса.

Къ пустотѣлому валу *B* прикрѣплено на верху въ горизонтальномъ направленіи маховое колесо *FF*, вѣсомъ 22 тоннъ, принимающее, посредствомъ кривошипа и шатуна, движеніе паровой машины. Этотъ валъ, посредствомъ верхняго подшипника *G*, покоится на стойкѣ *HG*, укрѣпленной въ каменномъ фундаментѣ; подшипникъ долженъ, слѣдовательно, выдержать нагрузку вала длиною 8 метровъ, махового колеса, кривошипа, колеса насоса и вѣса поднимаемой воды, всего около 50 тоннъ. Вслѣдствіе столь значительной

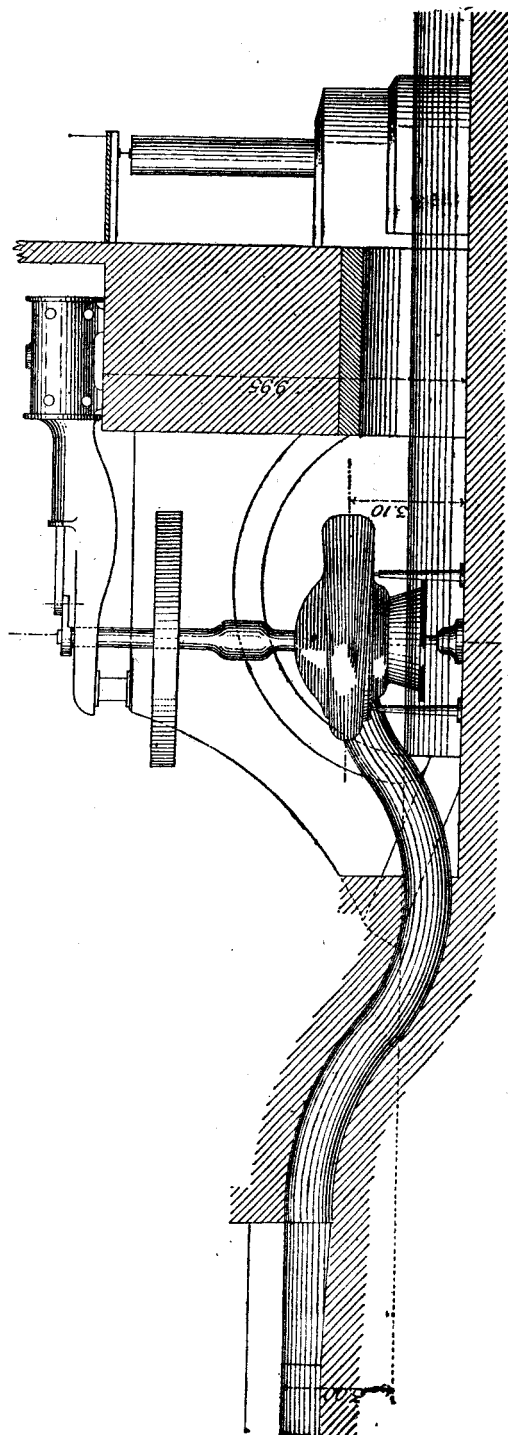
Черт. 74.



нагрузки, понадобилось примѣнить особаго рода приспособленія для смазки вала.

Подъемная труба, въ видѣ сифона, длиною 17,80 метровъ, діаметромъ 1,60 метровъ, расположена, какъ показано на черт. 75, а именно: въ началѣ, у насоса, она понижается на два метра; устроено это съ тою цѣлью, чтобы избѣгнуть опоражниванія насоса, во время остановки машины. Затѣмъ эта труба поднимается на 2,70 метра и примыкаетъ къ каменному прямоугольному руслу, закрываемому, въ случаѣ надобности, деревяннымъ щитомъ.

Чопр. 7б



Какъ выше сказано, при каждомъ насосѣ находится паровая горизонтальная машина съ конденсаторомъ, при цилиндрѣ діаметромъ одинъ метръ и при ходѣ поршня 1,50 м. При 35 и тахітѣ при 40 оборотахъ въ минуту, насосъ поднимаетъ до 7 кубическихъ метровъ воды въ одну секунду. Во время опытовъ высота подъема составляла 3,13 метр. при числѣ оборотовъ въ минуту, въ среднемъ 33, объемъ поднятой воды былъ 6,87 кубич. метровъ, такъ что полезная работа, подъемнаго механизма, выраженная въ поднятой водѣ, составляла 0,651, принимая коефіціентъ полезнаго дѣйствія паровой машины равнымъ 0,90, получается полезная работа насоса $\frac{0,651}{0,900} = 0,723$.

Въ Кататбѣ, кромѣ пяти центробѣжныхъ насосовъ, въ видѣ резерва оставлены три винта (стр. 74), работающіе помощью одной вертикальной машины компаундъ типа принимаемаго на морскихъ судахъ.

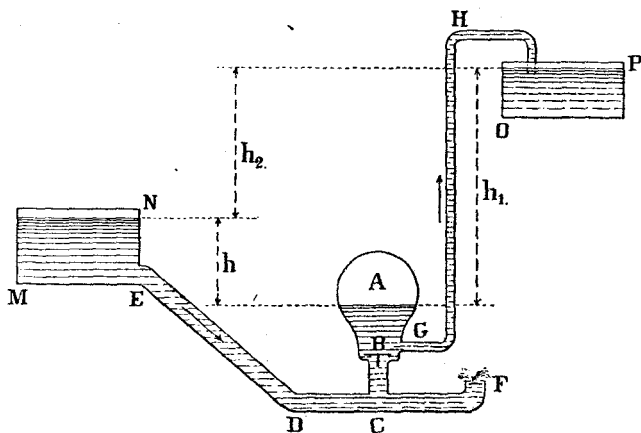
§ 8. Гидравлическій таранъ.

Къ числу наиболѣе дешевыхъ способовъ подъема, сравнительно незначительнаго количества воды, принадлежитъ чрезвычайно остроумный приборъ, автоматически дѣйствующій, извѣстный подъ названіемъ гидравлическаго тарана. Для дѣйствія прибора необходимо свободное паденіе воды въ нѣсколько футовъ, и объемъ ея достаточный во первыхъ для работы прибора и во вторыхъ для передачи части объема на желаемую высоту.

Въ концѣ прошлаго столѣтія, а именно въ 1796 году, Montgolfier изобрѣлъ приборъ, который послѣ нѣкоторыхъ незначительныхъ измѣненій, въ настоящее время состоитъ изъ слѣдующихъ металлическихъ частей: воздушный колоколь (черт. 76) *A* внизу снабженъ клапаномъ *B*, открывающимся снизу вверхъ. Этотъ колоколь посредствомъ трубки *CDE* соединенъ съ резервуаромъ воды (родникъ, ключъ, рѣка, прудъ, озеро), коего уровень расположенъ на нѣкоторую величину *h* выше прибора *A*, и откуда желаютъ провести

воду. Продолженіемъ части трубки DC служитъ короткая трубка CF , оканчивающаяся такъ называемымъ штопорнымъ клапаномъ F , открывающимъ отверстіе при опусканіи клапана внизъ. Онъ составляетъ одну изъ существенныхъ особенностей гидравлическаго тарана. Къ колоколу кромѣ того прикрѣплена нагнетательная трубка GH , по которой вода поднимается на требуемую высоту h_1 и вытекаетъ въ бакъ OP . Такимъ образомъ возможно поднять воду на высоту $h_2 = h_1 - h$, при этомъ приборъ помѣщенъ значительно ниже подающаго воду резервуара MN и принимающаго ее бака OP . Штопор-

Черт. 76.



ный клапанъ F снабженъ на верху нагрузкою, вслѣдствіе чего онъ открытъ, когда приборъ находится въ бездѣйствіи; когда же скорость воды, движущейся изъ MN по трубкѣ CDB , достигнетъ максимума, клапанъ F закрывается.

Дѣйствіе гидравлическаго тарана состоитъ въ слѣдующемъ: если открыть кранъ, сообщающій резервуаръ MN съ трубкою ED , то происходитъ по этой трубкѣ движеніе воды, въ началѣ котораго часть воды (рабочая вода) вытекаетъ черезъ открытый штопорный клапанъ F . Затѣмъ, когда, соотвѣтственно высотѣ h , скорость воды достигнетъ своего максимума, вода закроетъ клапанъ F и, открывъ, вслѣдствіе живой силы, нагнетательный клапанъ B , поступаетъ въ воздушный колоколъ A . Здѣсь воздухъ сжимается и своимъ давленіемъ выкидываетъ часть воды въ нагнетательную трубку

GH, до тѣхъ поръ пока не наступитъ равновѣсіе между давленіемъ сжимаемаго воздуха въ *A* и живою силою воды, движущейся по *EDC*. Отъ сжатія воздуха клапанъ *B* будетъ закрытъ, при чемъ нѣкоторое количество воды вгоняется обратно въ *BC*, гдѣ происходитъ нѣкоторое обратное движеніе воды, вызывающее уменьшеніе давленія на напорный клапанъ *F*, который поэтому и откроется. Но такъ какъ напоръ со стороны *MN* не прекращается, то опять движеніе по трубкѣ отъ *E* по направленію къ *DC* усиливается, вода прижимаетъ къ стѣнкамъ клапанъ *F* и опять происходитъ описываемое явленіе движенія воды въ колоколъ *A* и подъемъ ея по нагнетательной трубѣ *GH*. Весь этотъ ходъ продолжается со стремительною быстротою, превосходящею время необходимое для самаго краткаго объясненія этого явленія, такъ какъ число ударовъ бываетъ до 120 въ минуту.

Въ воздушномъ колоколѣ *A*, чрезъ извѣстный промежутокъ времени, происходитъ разрѣженіе воздуха, который по трубкѣ, помѣщенной внизу колокола, пополняется свѣжимъ объемомъ всасываемымъ съ атмосферы. Въ такой трубкѣ клапанъ открывается тоже во внутрь колокола.

Въ началѣ, для приведенія прибора въ дѣйствіе необходимо рукою надавливать съ перерывами на клапанъ *F* до тѣхъ поръ, пока таранъ не станетъ самостоятельно работать; а для его остановки достаточно притянуть рукою тотъ-же клапанъ *F* къ закрываемому имъ отверстию.

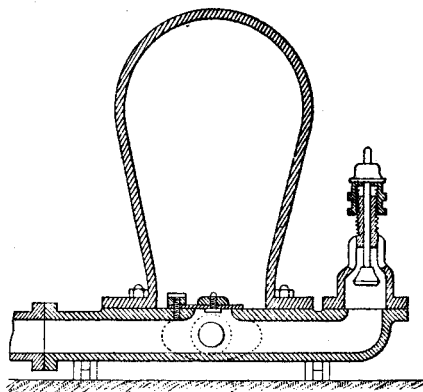
Ходъ прибора зависитъ отъ величины хода клапана *F* и находящейся на немъ нагрузки; чѣмъ нагрузка и величина хода больше, тѣмъ тише, но успѣшнѣе работаетъ таранъ.

Рабочую воду обыкновенно отводятъ въ сторону. Чтобы избѣгнуть замерзанія воды, ее, обыкновенно, на время остановки выпускаютъ посредствомъ крановъ изъ приводной трубы и воздушнаго колокола. Водопроводная труба при источникѣ *MN* точно также снабжена краномъ, закрываемымъ, когда таранъ не дѣйствуетъ. Этотъ приборъ, какъ показываетъ черт. 77, обыкновенно устанавливають на деревянныхъ брускахъ въ каменной камерѣ, защищенной отъ дѣйствія мороза, и трубы укладываютъ на глубинѣ ниже промерзанія грунта.

Остановка прибора случается иногда вслѣдствіе неплот-

наго прилегания штопорнаго клапана къ гнѣзду, по причинѣ засоренія песчинками, которыя необходимо снять тонкою тряпочкою или пальцемъ.

77. Черт.



Чтобы опредѣлить количество воды Q_1 , которое въ единицу времени поднимаетъ гидравлическій таранъ, обратимся къ обозначеніямъ черт. 76 и назовемъ чрезъ Q объемъ воды, который въ единицу времени поступаетъ изъ главнаго источника въ трубу EDC , тогда, называя чрезъ η коэффициентъ полезнаго дѣйствія прибора, можемъ написать:

$$\eta \cdot Q h = Q_1 h_1$$

откуда $Q_1 = \eta \cdot \frac{Q h}{h_1}$

и коэффициентъ η , по опытамъ Эйтельвейна, для разныхъ величинъ паденія и подъема имѣетъ значенія, выраженные на слѣдующей таблицѣ:

$\frac{h_1}{h} = 1$	2	4	8	12	16	20
$\eta = 0.92$	0.84	0.72	0.56	0.43	0.32	0.23

Изъ этой таблицы видимъ, что коэффициентъ η уменьшается съ увеличеніемъ отношенія $\frac{h_1}{h}$.

Кромѣ того Morin въ Парижѣ производилъ опыты съ

гидравлическими таранами; нѣкоторые изъ результатовъ опытовъ приводимъ въ слѣдующей таблицѣ, гдѣ всѣ величины показаны въ метрической системѣ.

Высота паденія h	Высота подъема h_1	Расходъ воды въ секунду, резервуара Q литровъ.	Объемъ воды под- нятый въ секунду Q литровъ.	Диаметръ приводной трубы d	Длина приводной трубы l	Число ударовъ тарана въ минуту n .	Полезное дѣйствіе $\eta = \frac{Q_1 h_1}{Q h}$
7.00	60.00	0.207	0.016	0.027	33.00	60	0.57
10.600	34.10	1.40	0.28	0.054	32.50	60	0.64
11.370	59.44	2.333	0.292	0.110	33.00	60	0.65
0.979	4.55	33.10	4.43	0.203	8.00	60	0.63
7.00	39.00	59.10	6.00	0.300	40.00	60	0.57

Изъ этихъ опытовъ Morin вывелъ нѣсколько заключеній, а именно:

1. діаметръ приводной трубы, выражая въ метрахъ, можетъ быть опредѣленъ по формулѣ:

$$d = 2,104 \sqrt{Q}.$$

2. діаметръ нагнетательной трубы опредѣляется по формулѣ:

$$d_1 = 3,32 \sqrt{Q_1}$$

3. длина водопроводной трубы опредѣляется по формулѣ

$$l = l_1 \left(1 + \frac{0,628}{h_1} \right)$$

4. площадь отверстія нагнетательнаго клапана должна быть равна площади поперечнаго сѣченія приводной трубы.

5. объемъ воздушнаго колокола, приблизительно, долженъ равняться объему воды, поднимаемой въ теченіи одной минуты.

Въ отношеніи полезнаго дѣйствія къ послѣднимъ двумъ таблицамъ мы должны прибавить, что онѣ относятся, такъ сказать, къ лабораторнымъ опытамъ и поэтому на практикѣ слѣдуетъ придерживаться половиннаго значенія коэффициента η .

Гидравлическій таранъ можетъ работать при высотѣ паденія не менѣе 0,50 метра (1 футъ 8 дюймовъ).

Главные размѣры гидравлическихъ тарановъ и стоимость

изготовленія ихъ на одномъ изъ заводовъ Франці показаны въ слѣдующей таблицѣ:

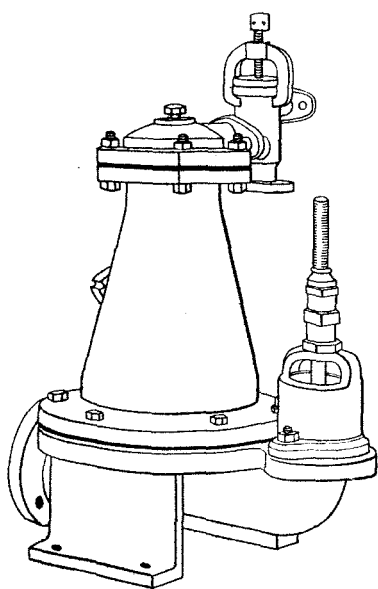
Диаметръ при- водной трубы метровъ.	Диаметръ на- гнетательной трубы метр- овъ.	Длина при- водной трубы метровъ.	Объемъ воды, подаваемый источникомъ въ одну ми- нуту, метровъ.	Стоимость франковъ.
0.020	0.010	8 до 18	отъ 3 до 8	55
0.025	0.012	—	" 6 " 16	75
0.030	0.012	—	" 12 " 28	90
0.051	0.020	—	" 24 " 56	150
0.063	0.025	—	" 48 " 100	280
0.070	0.030	—	" 80 " 160	400
0.100	0.051	—	" 100 " 300	1000

Американскіе насосы Дугласъ изготовляются размѣровъ и стоимости, приведенныхъ въ ниже слѣдующей таблицѣ, причемъ для опредѣленія размѣра тарана представители этого завода считаютъ, что если разстояніе, куда требуется провести воду, не превосходитъ 100 до 120 саж., то на вы-
соту въ 5 разъ больше высоты паденія возможно доставить около $\frac{1}{7}$ части объема воды, попадающаго въ таранъ, такъ напр. при высотѣ паденія равной 5 футамъ и высотѣ подъема равной 25 футамъ изъ каждыхъ семи ведеръ воды, по-
падающихъ въ таранъ, возможно поднять одно ведро; при высотѣ подъема въ двое больше, т. е. 50 футовъ, изъ того-
же объема, притекающей въ приборъ воды, будетъ поднято, въ тоже время, полъ ведра.

Диаметръ трубъ.		Длина при- водной трубы футы.	Объемъ воды, подавае- мой источникомъ въ одну минуту, ведръ.	В ѣ с ѣ тарана.	Цѣна рублей.
Приводной дюймовъ.	Нагнетатель- ной дюй- мовъ.				
$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	Отъ 25 до 50	Отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{2}{3}$	25 ф.	25
1	$\frac{1}{2}$	—	" $\frac{1}{2}$ " $1\frac{1}{3}$	32 "	30
$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	—	" 1 " $2\frac{1}{2}$	1 п. — "	35
2	$\frac{3}{4}$	—	" 2 " 5	1 " 20 "	55
$2\frac{1}{2}$	1	—	" 4 " 9	3 " 10 "	100
$3\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	—	" 6 " 13	5 " 20 "	150
4	2	—	" 8 " 25	20 " — "	350

Для того чтобы примѣнить таранъ, необходимо, какъ мы видѣли, располагать достаточнымъ паденіемъ воды и количествомъ ея въ такомъ размѣрѣ, чтобы, кромѣ рабочей воды, поднимать, требуемый объемъ ея на данную высоту. Въ дѣйствительности случается, что эти условія находятся налицо, а именно, кромѣ паденія, имѣемъ необходимый объемъ рабочей воды, которая однако, по своимъ дурнымъ качествамъ, не можетъ быть употреблена для надобностей человѣка, между тѣмъ

Черт. 78.



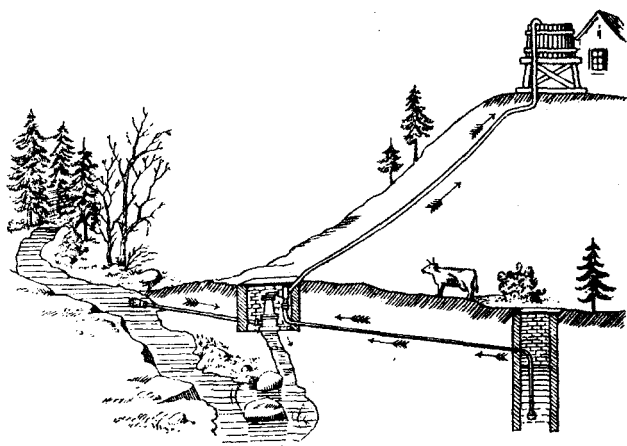
родникъ, расположенный выше тарана, обладаетъ количествомъ воды недостаточнымъ для приведенія прибора въ дѣйствіе. Въ такихъ случаяхъ примѣнимъ таранъ устройства, указаннаго на чертежѣ 78. Въ отличіе отъ описаннаго воздушный колоколь этого тарана имѣетъ форму усѣченнаго конуса, внутри котораго находится цилиндръ, состоящій изъ двухъ частей разнаго діаметра. Въ этихъ цилиндрахъ, на одномъ штокѣ, укрѣплены два поршня и каждый изъ нихъ по размѣру отвѣчаетъ діаметру цилиндра.

Внизу помѣщенъ съ боку штопорный клапанъ и часть подъемной трубы, соединяемой съ резервуаромъ рабочей воды (черт. 79); воздушный колоколь снабженъ внизу отверстіемъ, чрезъ которое вытекаетъ вся рабочая вода, въ верхней же части два отверстія цилиндра соединены съ источникомъ чистой воды и съ нагнетательною трубою.

Изъ приведеннаго описанія устройства тарана вытекаетъ, что гидравлическій таранъ представляетъ самый дешевый способъ подъема воды въ небольшомъ количествѣ, не нуждается въ постоянномъ присмотрѣ, дѣйствуетъ автоматически и можетъ, теоретически, поднимать воду на любую высоту. По этому, по своимъ качествамъ, онъ особенно примѣнимъ

въ деревенскомъ быту для снабженія водою деревень, сель, имѣній, станцій желѣзныхъ дорогъ и пр. Такъ напр. намъ извѣстно устройство водоснабженія селенія при слѣдующихъ условіяхъ: изъ родника, подающаго въ минуту 125 литровъ воды (около 10,125 ведеръ), поднимаютъ въ тоже время 50 литровъ (около 4 ведеръ), или около 5.800 ведеръ въ сутки на высоту 19,64 метра, причемъ высота паденія составляетъ 11,70 метра. Разстояніе отъ родника до тарана 441 метръ и отъ тарана до водосборнаго бассейна 582 метра. Діаметръ приводной трубы 70 миллиметровъ и діаметръ нагнетательной

Черт. 79.



трубы такой-же; эти чугунныя трубы уложены на глубинѣ 2,20 метровъ (около 7,25 фут.).

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія

$$\eta = \frac{q \cdot h}{(Q - q) h_1} = \frac{50 \cdot 11,70}{75 \cdot 19,64} = 0,40.$$

Стоимость устройства этого водоснабженія слѣдующая:

Земляныя работы	540 руб.
Бетонныя работы. :	2,240 "
Таранъ и водопроводъ	3,540 "
Разные расходы	160 "

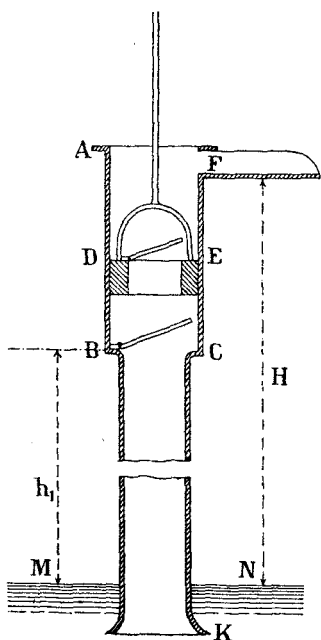
Всего. . 6,480 руб.

§ 9. Поршневые насосы.

Поршневой насосъ состоитъ изъ сосуда, называемаго стаканомъ, въ которомъ движется поршень. Стаканъ помощью трубы сообщается съ резервуаромъ, откуда предполагають выкачивать жидкость, и кромѣ того онъ соединенъ трубою съ тѣмъ сосудомъ, куда должна быть поднята жидкость. Одно изъ существенныхъ условій хорошо работающаго насоса состоитъ въ плотномъ прилеганіи поршня къ стѣнкамъ стакана, который поэтому чаще всего имѣетъ цилиндрическую форму.

Въ зависимости отъ рода движенія поршня, различають поршневые насосы:

Черт. 80.



а. съ прямолинейнымъ движеніемъ поршня,

б. съ качающимися поршнями,

в. съ вращательнымъ, и

г. съ винтообразнымъ движеніемъ поршня.

Относительно поршня необходимо замѣтить, что при движеніи его въ одномъ направленіи, одна изъ его сторонъ напр. дно можетъ производить только одного рода дѣйствіе, т. е. всасываніе, или нагнетаніе, или же въ то время когда дно всасываетъ, то крышка поршня нагнетаетъ.

Насосы съ прямолинейнымъ движеніемъ поршня принадлежатъ къ наиболѣе распространеннымъ и потому займемся описаніемъ ихъ дѣйствія и устройства.

Какъ извѣстно поршневые насосы раздѣляются на двѣ главныхъ группы: всасывающіе и нагнетательные.

Всасывающій насосъ (черт. 80) состоитъ изъ стакана AC, въ которомъ движется поршень DE; къ стакану

прикрѣплена внизу всасывающая труба *BK*, погружаемая нижнимъ концомъ въ жидкость *MN*. Наверху со стаканомъ соединенъ вытекающій желобъ *F*. Если высота подъема *H* незначительна, то стаканъ иногда непосредственно устанавливають ниже поверхности жидкости, но тогда обыкновенно надъ стаканомъ помѣщается подъемная труба, по которой воду поднимають вверхъ помощью поршня. Въ стаканѣ помѣщаютъ всасывающій клапанъ *BC* и въ поршнѣ второй нагнетательный клапанъ *DE*; оба клапана открываются снизу вверхъ.

Явленіе всасыванія, вслѣдствіе движенія поршня, состоитъ въ слѣдующемъ: представимъ себѣ, что поршень *DE* первоначально находится непосредственно надъ клапаномъ *BC* и затѣмъ движется по направленію къ *F*. Въ стаканѣ, подъ поршнемъ, образуется почти безвоздушное пространство и, вслѣдствіе давленія воздуха, находящагося въ трубѣ *BK*, происходитъ открываніе клапана *BC* и движеніе части воздуха изъ всасывающей трубы въ стаканъ *DC*. При этомъ уменьшается упругость, слѣд., и давленіе воздуха въ трубѣ *BK*, и такъ какъ давленіе атмосфернаго воздуха на поверхность *MN* остается постояннымъ, то въ всасывающей трубѣ жидкость поднимается на нѣкоторую высоту *Z*, т. е. происходитъ всасываніе.

При движеніи поршня въ обратномъ направленіи сжимается воздухъ, находящійся подъ поршнемъ, и когда упругость сжатого воздуха превзойдетъ давленіе атмосфернаго воздуха, то клапанъ въ поршнѣ *DE* будетъ открытъ. Черезъ образующееся такимъ образомъ отверстіе устремляется въ атмосферу часть сжатого воздуха; и онъ бы весь ушелъ, если бы, при непосредственномъ расположеніи поршня *DE* надъ всасывающимъ клапаномъ *BC*, вслѣдствіе конструктивныхъ условій, не оставалось между ними нѣкоторое занятое воздухомъ пространство, которое будемъ называть вреднымъ и высоту коего назовемъ чрезъ *e*.

Положимъ, что поршень изъ своего положенія надъ клапаномъ *BC* передвинуть мгновенно по направленію къ *F*, при чемъ назовемъ чрезъ *l* ходъ поршня, чрезъ *a* площадь отверстія, закрываемаго всасывающимъ клапаномъ *BC*, коего вѣсь пусть будетъ *q*. При этомъ движеніи поршня объемъ

воздуха, помѣщавшійся во вредномъ пространствѣ, занялъ объемъ стакана и тогда давленіе воздуха на всасывающій клапанъ будетъ:

$$A \cdot a \cdot \gamma \frac{e}{l+e}.$$

На этотъ клапанъ BC въ то же время дѣйствуетъ давленіе:

$$A \cdot a \cdot \gamma.$$

Слѣдовательно для того, чтобы клапанъ BC могъ открываться, необходимо, чтобы

$$A a \gamma - A a \gamma \cdot \frac{e}{l+e} > q$$

откуда получаемъ условіе всасыванія:

$$A \cdot \frac{l}{l+e} > \frac{q}{a \cdot \gamma}.$$

Если это неравенство имѣетъ мѣсто, то жидкость въ всасывающей трубѣ BK поднимется, какъ мы выше сказали, на нѣкоторую высоту z , такъ что давленіе воздуха въ BK будетъ измѣряться высотой $A - z$.

При слѣдующемъ, верхнемъ, т. е. наиболѣе удаленномъ отъ BC , положеніи поршня DE относительно всасывающаго клапана, давленіе на этотъ клапанъ будетъ: сверху

$$A \cdot a \cdot \gamma \cdot \frac{e}{l+e}$$

и снизу

$$a \gamma (A - z)$$

такъ что условіе всасыванія выражаетъ неравенство:

$$a \cdot \gamma (A - z) - a \gamma \cdot A \left(\frac{e}{l+e} \right) > q$$

или

$$z < A \frac{l}{l+e} - \frac{q}{a \cdot \gamma}$$

и въ предѣлѣ, такъ какъ наибольшее значеніе z отвѣчаетъ высотѣ всасыванія h_1

$$h_1 < A \frac{l}{l+e} - \frac{q}{a \cdot \gamma}$$

т. е. что высота всасыванія всегда меньше высоты столба

воды, измѣряющаго атмосферное давленіе $A = 10,33$ метр., и при этомъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше вѣсъ всасывающаго клапана и чѣмъ больше высота вреднаго пространства.

На практикѣ высота всасыванія составляетъ при насосахъ для подъема воды отъ 6 до 7 метровъ и иногда даже до 8 метровъ.

Вообще говоря, высота всасыванія зависитъ отъ удѣльнаго вѣса, температуры жидкости и отъ ея способности испаряться и выдѣлять газы. Такъ напр., есть жидкости, для которыхъ высота всасыванія почти равна нулю; при перекачиваніи такой жидкости она притекаетъ къ насосу поставленному ниже приѣмнаго резервуара.

Послѣ нѣсколькихъ движеній поршня туда и обратно, жидкость изъ всасывающей трубы попадаетъ въ стаканъ, оттуда вверхъ надъ поршнемъ DE и наконецъ вытекаетъ чрезъ желобъ F . Здѣсь кстати замѣтимъ, что иногда въ новыхъ насосахъ, или-же въ насосахъ бывшихъ долгое время безъ употребленія, не смотря на движеніе поршня, вслѣдствіе дурной ли набивки поршня или вслѣдствіе неплотнаго прилеганія клапановъ, не замѣчается подъема воды въ всасывающей трубѣ, въ такомъ случаѣ наливаютъ воду въ подъемную трубу и въ стаканъ, чѣмъ достигается возможность подъема воды.

При движеніи поршня въ направленіи удаленія отъ всасывающаго клапана, вмѣстѣ съ всасываніемъ, происходитъ подъемъ количества воды всасавшагося въ теченіи предыдущаго движенія въ томъ же направленіи; при опусканіи поршня, вода чрезъ отверстіе въ поршнѣ поступаетъ въ пространство надъ поршнемъ, причемъ поднимается въ стаканъ на нѣкоторую высоту больше хода поршня, потому что стержень поршня тоже занимаетъ нѣкоторый объемъ. Если назовемъ чрезъ D діаметръ поршня, чрезъ d діаметръ стержня и чрезъ l ходъ поршня, то, при опусканіи поршня, въ верхній резервуаръ поступаетъ объемъ воды $\frac{\pi d^2}{4} \cdot l$, и при обратномъ движеніи поршня, туда же поступаетъ объемъ воды $\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) l$. отношеніе между этими объемами составляетъ $\frac{D^2 - d^2}{d^2}$.

Это отношеніе будетъ равно единицѣ, то есть объемъ

воды, поступающий въ верхній резервуаръ, будетъ одинаковъ, при движеніи поршня въ двухъ разныхъ направленіяхъ, если $D^2 = d^2$, или при $D = d \cdot \sqrt{0,50} = 0,707 D$. Въ такомъ случаѣ выше стакана получается непрерывная струя воды, хотя этотъ насосъ есть простаго дѣйствія, потому что объемъ воды, въ теченіи одного періода, т. е. однократнаго движенія вверхъ и внизъ, составляетъ $\frac{\pi D^2}{4} l$, между тѣмъ какъ при

насосахъ двойнаго дѣйствія этотъ объемъ равенъ $2 \frac{\pi D^2}{4} \cdot l$.

Въ хорошо устроенныхъ насосахъ скорость движенія поршня должна быть меньше той скорости, съ которою вода притекаетъ для заполненія безвоздушнаго пространства въ стаканѣ подъ поршнемъ, обыкновенно отъ 0,20 до 0,30 метра. Если бы вода притекала со скоростью меньше скорости поршня, то послѣдній, при удаленіи отъ всасывающаго клапана, отдѣлялся бы отъ воды, а при обратномъ движеніи происходилъ бы ударъ, т. е. сотрясенія, вредныя для прочности насоса и нѣкоторая потеря работы усилія, двигающаго поршень. Слѣдовательно поршень долженъ двигаться съ такою скоростью, чтобы производить нѣкоторое давленіе на поверхность жидкости подъ нимъ находящейся, и это давленіе не можетъ быть равно нулю.

Принимая движеніе воды установившимся, уравненіе движенія будетъ:

$$A = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + x + e + h_i + \zeta$$

гдѣ, кромѣ выше приведенныхъ обозначеній, x есть разстояніе поршня отъ нижайшаго положенія, въ нѣкоторый моментъ времени t движенія поршня въ направленіи, удаляющемся отъ всасывающаго клапана, и ζ высота, затрачиваемая на гидравлическія сопротивленія.

Относительно допускаемой скорости движенія поршня слѣдуетъ замѣтить, что въ послѣднее время стремятся, помощью увеличенія скорости движенія, уменьшать размѣры насоса, не понижая его производительности. Въ самомъ дѣлѣ, изъ вышесказаннаго о скорости движенія поршня оказывается, что съ уменьшеніемъ высоты всасыванія можетъ

быть увеличена скорость поршня, и эта высота всасыванія, почти всегда, можетъ быть уменьшена помѣщеніемъ насоса близъ нижняго резервуара, или посредствомъ вспомогательнаго насоса для всасыванія жидкости и подачи ея къ главному насосу. Затѣмъ, вводя два воздушные колокола, или соединяя нѣсколько насосовъ въ одну подъемную трубу, возможно увеличить скорость поршня, потому что посредствомъ этихъ приспособленій достигаютъ почти равномернаго движенія жидкости.

Чтобы изучить вліяніе скорости поршня на ходъ клапановъ, производились опыты, между прочимъ, съ насосомъ, имѣющимъ поршень-нырникъ, коего стержень соединенъ былъ съ кривошипомъ рабочаго вала; эти опыты происходили при разныхъ числахъ оборотовъ рабочаго вала, величинахъ хода поршня и при разной нагрузкѣ клапана. Для плоскихъ клапановъ, съ верхнимъ направленіемъ движенія клапана и плоскими поверхностями соприкасанія, оказывается, что при одинаковыхъ остальныхъ условіяхъ, величины хода поршня l и l_1 обратно пропорціональны квадратамъ изъ числа оборотовъ вала n и n_1 , такъ что для даннаго клапана:

$$n^2 l = n_1^2 l_1 = C$$

гдѣ C величина постоянная, и такъ какъ то-же

$$l = \frac{30 v}{n}$$

то должно быть

$$n v = n_1 v_1 = \frac{C}{30} = C'$$

гдѣ C' тоже величина постоянная.

Слѣдовательно, если клапанъ закрываетъ безъ удара при данныхъ l и v , то тоже самое произойдетъ при длинѣ хода l_1 , если вмѣсто v взять v_1 и вмѣсто n взять n_1 , при чемъ съ увеличеніемъ длины хода, необходимо убавить число оборотовъ вала.

Изъ этихъ-же опытовъ вытекаетъ, что нагрузка клапана, необходимая для его закрыванія безъ удара, пропорціональна произведенію изъ средней скорости поршня на число оборотовъ вала, такъ что съ увеличеніемъ нагрузки клапана можетъ быть увеличена скорость поршня; при этомъ однако

клапаны и их коробки должны быть соотвѣтственнымъ образомъ устроены для отвода притекающей къ нимъ воды.

Затѣмъ изъ опытовъ оказывается, что болѣе значительная нагрузка необходима для тарелочнаго клапана, съ нижнимъ направлениемъ движенія, при прочихъ условіяхъ одинаковыхъ съ клапаномъ вышеуказаннаго рода; коническіе клапаны закрываютъ безъ удара при сравнительно меньшихъ скоростяхъ.

Увеличеніе скорости движенія поршня представляетъ еще и то преимущество, что удары и сотрясенія, при работѣ насоса, для его прочности менѣе вредны, потому что меньшее количество воды движется въ насосѣ.

Скорость движенія поршня, вслѣдствіе этого, можетъ быть доведена до трехъ метровъ и болѣе въ секунду, то есть насосы могутъ плавно работать при 200 и болѣе двойныхъ качаніяхъ въ минуту. Обыкновенно-же строятъ насосы для водоснабженія и водоотлива изъ шахтъ при средней скорости отъ одного до двухъ метровъ, и число двойныхъ качаній до ста въ минуту.

Чтобы опредѣлить усилія, необходимыя при подъемѣ и опусканіи поршня всасывающаго насоса, необходимо разсматривать:

1. движеніе воды въ всасывающей трубѣ и въ стаканѣ подъ поршнемъ,
2. движеніе воды надъ поршнемъ и въ подъемной трубѣ.

Въ выраженіи перваго движенія должны быть приняты во вниманіе слѣдующія гидравлическія сопротивленія: а) при входѣ воды въ всасывающую трубу, или въ приемную сѣтку, если таковая находится, б) движеніе въ всасывающей трубѣ, в) проходъ воды чрезъ всасывающій клапанъ, г) движеніе въ стаканѣ и д) проходъ воды чрезъ колѣна и изгибы.

Въ выраженіи втораго движенія должны быть приняты во вниманіе: а) давленіе на поршень воды, надъ нимъ находящейся, б) инерцію массы воды въ этой части насоса, т. е. въ стаканѣ и въ подъемной трубѣ, в) треніе воды о стѣнки стакана, г) сжатіе струи при переходѣ воды изъ стакана въ подъемную трубу, д) треніе воды въ подъемной трубѣ,

е) проходъ воды чрезъ закругленія и изгибы подъемной трубы, ж) ударъ при переходѣ воды изъ подъемной трубы въ верхній резервуаръ, з) проходъ чрезъ клапанъ въ верхнемъ концѣ подъемной трубы и, наконецъ, если подъемная труба составляетъ продолженіе стакана, то скорость движенія въ ней воды не одинакова съ скоростью поршня, и вслѣдствіе разныхъ скоростей происходитъ треніе воды о стержень.

Зная всѣ эти сопротивленія, можемъ опредѣлить работу усилія движущаго стержень, а также коефіціентъ полезнаго дѣйствія насоса.

Называемъ насосъ простаго дѣйствія, если при движеніи поршня въ одномъ направленіи всасываніе происходитъ съ одной стороны поршня, какъ напр. въ разсматриваемомъ случаѣ, гдѣ всасываніе происходитъ съ нижней стороны поршня; если-же при одномъ направленіи движенія всасываніе происходитъ съ нижней и нагнетаніе съ верхней стороны поршня, то такой насосъ называемъ двойнаго дѣйствія.

Количество воды, поднимаемое въ одну минуту насосомъ простаго дѣйствія,

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} 30 v$$

и при насосѣ двойнаго дѣйствія

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 60 v$$

потому что

$$Q = 60 \cdot \omega \cdot \frac{l}{t} = \frac{2l}{t} \cdot 30 \omega$$

$$\text{и} \quad \frac{2l}{t} = v, \text{ слѣд.}$$

$$Q = \omega \cdot 30 v.$$

Опредѣленный такимъ образомъ объемъ воды будетъ разниться отъ дѣйствительно поднятаго, вслѣдствіе обратнаго вытеканія воды чрезъ всасывающій и нагнетательный клапаны, а также вслѣдствіе неплотнаго прилеганія клапановъ и не плотной набивки поршня. Называя чрезъ μ коефіціентъ, зависящій отъ тщательности отдѣлки насоса, равный отъ 0,80 до 0,92, и чрезъ v среднюю скорость движенія поршня, объемъ воды, поднятый въ одну секунду, составляетъ:

для насоса простаго дѣйствія

$$\mu \frac{\pi d^2}{8} \cdot v$$

и для насоса двойнаго дѣйствія

$$\mu \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$$

При чемъ, при весьма тщательной отдѣлкѣ:

$$\mu = 0,90 \text{ до } 0,92, \text{ и } v = 0,10 \text{ до } 0,25 \text{ метра.}$$

При менѣе тщательной отдѣлкѣ:

$$\mu = 0,85 \text{ до } 0,90, \text{ и } v = 0,25 \text{ до } 0,35 \text{ метра.}$$

И при посредственной отдѣлкѣ:

$$\mu = 0,80 \text{ до } 0,85, \text{ и } v = 0,35 \text{ до } 0,50 \text{ метра.}$$

Изъ этихъ формулъ можемъ опредѣлить діаметръ поршня d , при чемъ надо имѣть въ виду, что такъ какъ онъ обратно пропорціоналенъ средней скорости v , то придавая v небольшія значенія, діаметръ поршня получится несоразмѣрно великъ; въ такихъ случаяхъ, какъ это напр. бываетъ, проектируя большія водоснабженія, увеличиваютъ скорость v .

Скорость движенія воды въ всасывающей и подъемной трубѣ принимаютъ отъ $2v$ до $2,5v$ и не больше 1,20 метра (4 фута); въ зависимости отъ этой скорости опредѣляютъ діаметръ этихъ трубъ, такъ напр., полагая скорость въ подъемной трубѣ равною $2v$, діаметръ ея опредѣляется изъ условія

$$\frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{1}{2} \frac{\pi D^2}{4}$$

откуда

$$d_1 = D \sqrt{0,5} = 0,707 D.$$

Длина хода поршня l иногда зависитъ отъ извѣстныхъ условій, такъ напр. при ручныхъ насосахъ, гдѣ наиболѣе удобный для человѣка ходъ рычага составляетъ отъ 0,80 до 1,20 метра, и скорость движенія колеблется въ тѣхъ-же предѣлахъ, называя чрезъ h ходъ и чрезъ v' скорость оконечности рычага, получимъ:

$$\frac{l}{v} = \frac{h}{v'}$$

откуда,

$$l = \frac{h}{v'} \cdot v$$

и такъ какъ отношеніе $\frac{h}{v}$ лежитъ въ предѣлахъ $\frac{80}{120}$ до $\frac{120}{80}$ т. е. отъ $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{2}$, то слѣд. для ручныхъ насосовъ ходъ поршня $l =$ отъ $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{2} v$, и число качаній въ минуту, принимая во вниманіе нижеприводимую формулу, колеблется отъ 20 до 45.

При насосахъ, приводимыхъ въ движеніе машиной, коей число оборотовъ въ минуту заранѣе опредѣлено, называя чрезъ m число двойныхъ качаній поршня въ минуту, длина хода опредѣляется изъ формулы:

$$\frac{2 \cdot l \cdot m}{60} = v.$$

Полезная работа насоса въ секунду $Q \gamma H$ всегда будетъ меньше работы T , усилія движущаго поршень, и тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе тратится работы на вредныя сопротивленія.

Отношеніе $\eta = \frac{Q \gamma H}{T}$ называемъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія насоса. Всего болѣе поглощаетъ работу движущаго усилія треніе набивки поршня, затѣмъ значительное сопротивленіе оказываетъ треніе воды въ трубахъ, въ особенности, если длина трубы выходитъ значительно больше высоты подъема H , или если, по особымъ соображеніямъ, трубу устраиваютъ незначительнаго діаметра, какъ это напр. видимъ въ пожарныхъ насосахъ, коихъ нагнетательный рукавъ дѣлаютъ небольшого діаметра, чтобы уменьшить его вѣсъ.

Коэффициентъ тренія f набивки поршня о стѣнки принимаютъ по Морену:

Стаканъ изъ дубоваго дерева, кожаная набивка $f = 0,29$.

Чугунный стаканъ, кожаная набивка безъ жирной смазки $f = 0,36$.

Чугунный стаканъ, кожаная набивка съ жирною смазкою $f = 0,23$.

При пеньковой набивкѣ и сальникахъ предлагаютъ опредѣлять треніе по эмпирической формулѣ Эйтельвейна:

$$F = K \cdot D H \text{ килограм.}$$

гдѣ D діаметръ стакана, или сальника, H высота подъема и K коэффициентъ:

Стаканъ мѣдный или латунный съ хорошо обточенными стѣнками $K=7$.

Чугунный стаканъ $K=15$.

Стаканъ изъ плотнаго дерева съ гладкими стѣнками $K=25$.

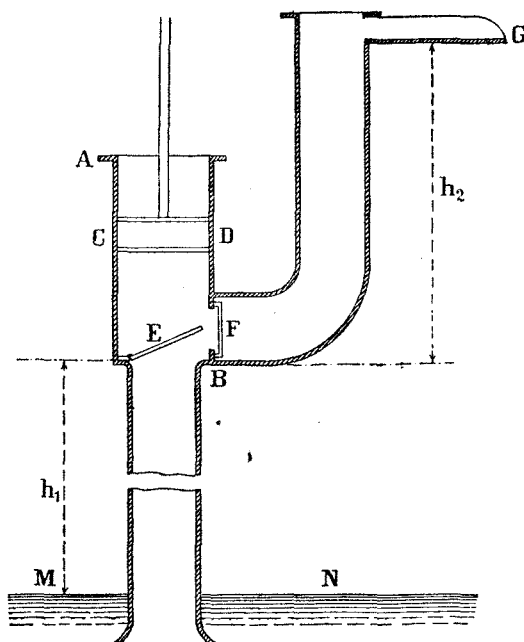
Деревянный стаканъ, бывшій въ долгомъ употребленіи, $K=50$.

Высоту набивки b опредѣляютъ по эмпирической формулѣ,

$$b = 0,08 D + 8 \text{ сантиметровъ}$$

гдѣ D діаметръ поршня въ сантиметрахъ.

Черт. 81.



Нагнетательный насосъ (черт. 81) состоитъ изъ стакана AB , въ которомъ движется сплошной поршень CD ; всасывающій клапанъ E помѣщенъ въ днѣ стакана и нагнетательный клапанъ F въ соединеніи стакана съ подъемною трубою. Со стаканомъ соединена и всасывающая труба,

чтобы воспользоваться давленіемъ атмосфернаго воздуха, т. е. всасываніемъ.

Дѣйствіе нагнетательнаго насоса состоитъ въ томъ, что жидкость, поступившая въ стаканъ, при условіяхъ объясненныхъ для всасывающаго насоса, при опусканіи поршня вслѣдствіе давленія поршня на жидкость, давить на клапанъ F , открываетъ его и поднимается на нѣкоторую высоту въ подъемной трубѣ. Послѣ нѣсколькихъ такихъ передвиженій, число которыхъ зависитъ отъ высоты подъема, вода вытекаетъ чрезъ отверстіе G . Отсюда видимъ, что при этихъ насосахъ высота подъема воды, если такъ выразиться, неограничена, потому что подъемъ воды зависитъ отъ давленія поршня на жидкость, которое въ свою очередь зависитъ отъ усилія, приводящаго поршень въ движеніе. Между тѣмъ при всасывающихъ насосахъ, какъ мы выше сказали, теоретическая высота подъема не больше 10,33 метровъ, на практикѣ же она колеблется отъ 6 до 7 метровъ т. е. приблизительно отъ 20 до 24 футовъ.

Разница между этими двумя типами насосовъ состоитъ еще въ томъ, что при всасывающемъ насосѣ поршень сквозной, между тѣмъ какъ нагнетательный насосъ снабженъ сплошнымъ поршнемъ, который бываетъ дисковымъ, или цилиндрическимъ.

Усиліе, которое должно быть приложено къ штоку поршня при его подъемѣ и опусканіи, опредѣляется, принимая во вниманіе соображенія, приведенныя для всасывающаго насоса, причемъ, для того чтобы вода не просачивалась между поршнемъ и стаканомъ при всякомъ положеніи стакана относительно воды нижняго резервуара, достаточно, чтобы набивка прижималась къ стѣнкамъ стакана съ усиліемъ равнымъ давленію столба воды высотой H , треніе же набивки, по Евневичу, можетъ быть представлено выраженіемъ

$$\pi D \gamma \cdot H = \frac{\pi D^3}{4} \cdot 4 f \frac{l}{D} H.$$

Изъ приведеннаго ясно, что поршень въ этихъ насосахъ движется въ стаканѣ неравномѣрно и это движеніе передается жидкости, поднимающейся по всасывающей и нагнетательной трубѣ, вслѣдствіе чего жидкость ударяется о кла-

паны и неравномѣрно вытекаетъ изъ верхняго отверстія. Недостатокъ этотъ можно устранить устройствомъ, такъ называемыхъ, воздушныхъ колоколовъ, одного между стаканомъ и всасывающей трубою, другого между стаканомъ и подъемною трубою. Колокола эти регулируютъ притокъ воды въ стаканъ и изъ стакана въ подъемную трубу.

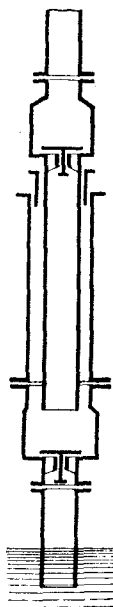
Воздушный колоколъ между всасывающей трубою и стаканомъ устраняетъ удары, о всасывающій клапанъ, воды, движущейся по этой трубѣ; въ немъ давленіе воздуха должно быть близко къ давленію атмосферы, уменьшенному давленіемъ столба воды въ всасывающей трубѣ ниже колокола. Давленіе въ этомъ колоколѣ, вслѣдствіе выдѣленія въ немъ воздуха изъ воды поднимающейся по всасывающей трубѣ, будетъ постепенно возрастать и вся вода изъ колокола можетъ быть вытѣснена, такъ что колоколъ перестанетъ дѣйствовать, тогда изъ него необходимо вытягивать воздухъ посредствомъ воздушнаго насоса.

Воздушный колоколъ близъ нагнетательнаго клапана служитъ тоже для устраненія удара о нагнетательный клапанъ воды, находящейся въ подъемной трубѣ во время закрыванія клапана. Давленіе воздуха въ колоколѣ, вообще говоря, больше атмосфернаго, а именно, оно равно давленію атмосферному, увеличенному давленіемъ столба воды, находящейся въ подъемной трубѣ выше колокола. Вслѣдствіе постоянного поглощенія воздуха водою, движущеюся по подъемной трубѣ, произойдетъ постепенное заполненіе колокола водою, такъ что онъ перестанетъ дѣйствовать; для избѣжанія этого нужно колоколъ наполнить сжатымъ воздухомъ, для чего существуютъ особыя приспособленія. Относительно величины воздушнаго колокола Эйтельвейнъ предлагаетъ для нагнетательнаго насоса съ однимъ стаканомъ ширину отъ 3 до 4-хъ разъ больше ширины стакана, и высоту равную высотѣ стакана; вообще считаютъ, что, при другихъ одинаковыхъ условіяхъ, объемъ воздушнаго колокола при насосѣ простаго дѣйствія долженъ быть въ 2,6 разъ больше, нежели при насосѣ двойнаго дѣйствія. Объемъ воздушнаго колокола для пожарныхъ насосовъ, при двухъ насосахъ простаго дѣйствія, равенъ отъ 12 до 15 разъ взятому объему стакана одного изъ насосовъ.

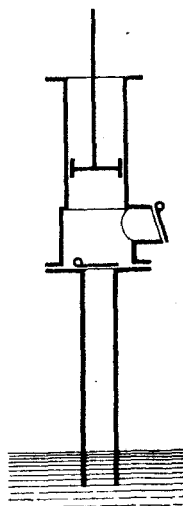
По своему устройству, каждый изъ насосовъ съ прямолинейнымъ движеніемъ поршня, можетъ быть отнесенъ къ одной изъ слѣдующихъ четырехъ категорій:

1. одинъ стаканъ (цилиндръ) и одинъ поршень,
2. одинъ стаканъ (цилиндръ) и двойной поршень,

Черт. 82.



Черт. 83.



3. одинъ стаканъ (цилиндръ) съ двумя или нѣсколькими независимо движущимися поршнями,

4. одна всасывающая и одна нагнетательная труба при двухъ или нѣсколькихъ цилиндрахъ.

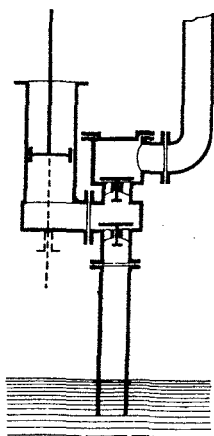
Насосы первой категоріи имѣютъ поршень: а., сквозной съ самодействующими клапанами; при такомъ поршнѣ насосы могутъ быть только простаго дѣйствія, и б., сплошной, при чемъ работаетъ одна сторона поршня, или обѣ стороны.

Общее расположеніе частей насоса, съ сквознымъ поршнемъ, показано выше, на схематическомъ чертежѣ 80. Въ этомъ всасывающемъ насосѣ простаго дѣйствія, кромѣ клапана въ поршнѣ, находится, по крайней мѣрѣ, еще одинъ клапанъ въ всасывающей, или въ нагнетательной трубѣ, чтобы

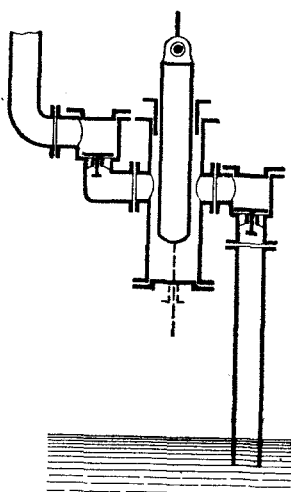
поднятая всасываніемъ вода не стекала обратно въ ниже-лежащій резервуаръ. При восходящемъ движеніи поршня происходитъ всасываніе и подъемъ воды, находящейся надъ поршнемъ, при нисходящемъ движеніи, клапанъ въ поршнѣ открытъ и поршень проходитъ сквозь жидкость, всосавшуюся при первомъ движеніи поршня.

Если поршень устроенъ въ видѣ нырника, то иногда одна изъ трубъ, а именно нагнетательная соединена съ поршнемъ такъ, что движется вмѣстѣ съ нимъ. На черт. 82

Черт. 84.



Черт. 85.



схематически изображенъ насосъ, часто употребляемый при откачиваніи воды изъ глубокихъ шахтъ; въ немъ поршень нырникъ движется вмѣстѣ съ нагнетательною трубою, къ которой онъ прикрѣпленъ.

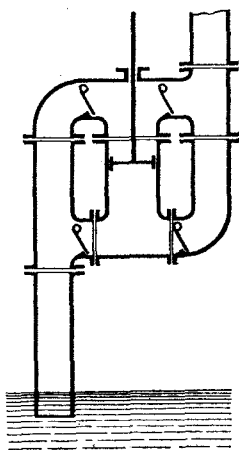
На черт. 83, показано расположеніе частей всасывающаго насоса съ дисковымъ поршнемъ и съ двумя клапанами: всасывающимъ въ днѣ стакана и нагнетательнымъ въ началѣ подъемной трубы; при этомъ устройствѣ высота подъема жидкости не можетъ быть больше 10,33 метровъ; стаканъ съ одной стороны можетъ быть открытымъ.

Если высота подъема превосходитъ 10,33 метровъ, иногда примѣняютъ насосъ, показанный на черт. 84 и 85. Поршень можетъ быть, при этомъ, дисковый (черт. 84) или нырникъ

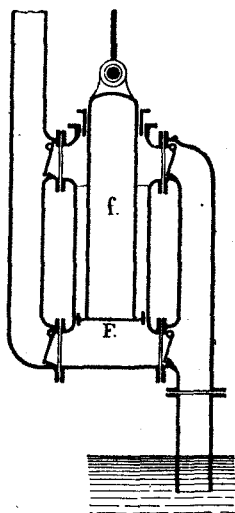
(черт. 85); какъ видно изъ чертежа, при движеніи поршня въ одномъ направленіи происходитъ всасываніе, и при обратномъ движеніи нагнетаніе воды.

Примѣромъ расположенія частей насоса съ однимъ стаканомъ и съ однимъ поршнемъ, коего обѣ стороны одновременно работаютъ, т. е. насоса двойнаго дѣйствія въ отношеніи всасыванія и нагнетанія, служитъ черт. 86. Дисковый поршень насоса помѣщенъ въ стаканѣ, къ которому примыкають отверстія съ четырьмя клапанами; вмѣсто по-

Черт. 86.



Черт. 87.

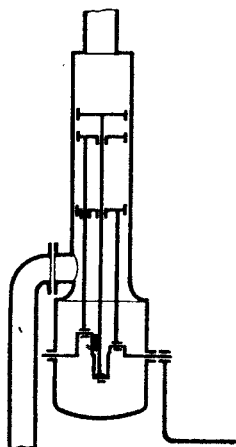


слѣднихъ иногда устраиваютъ задвижки. Два клапана предназначены для всасыванія и два другіе—для нагнетанія; при этомъ насосъ два разноименные клапаны работаютъ одновременно, а именно, при движеніи поршня въ одномъ направленіи, съ одной стороны поршня происходитъ всасываніе, а съ противоположной стороны нагнетаніе.

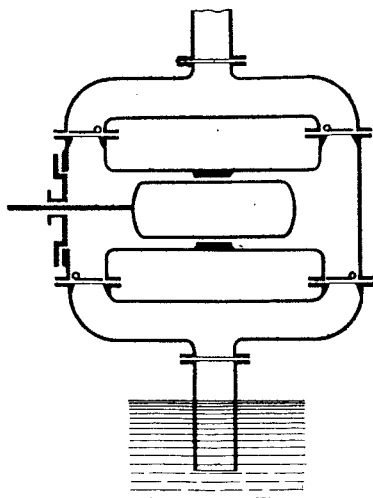
Насосъ съ двойнымъ поршнемъ изображенъ на черт. 87; онъ принадлежитъ къ насосамъ двойнаго дѣйствія: нижняя часть поршня F , дисковая, соединена со сплошною нырнковою частью площади f . При восходящемъ движеніи, поршень всасываетъ площадью F и въ то-же время поднимаетъ площадью $F—f$, соотвѣтственное количество воды въ нагне-

тательную трубу. При опусканіи поршня онъ нагнетаетъ, площадью F , воду, всосанную при предыдущемъ движеніи и всасываетъ верхнею частью поршня т. е. площадью $F-f$. Иногда дисковую часть поршня такихъ насосовъ дѣлаютъ съ клапанами, тогда имѣемъ насосъ простаго дѣйствія въ отношеніи всасыванія, подъема и нагнетанія; двойной поршень состоитъ изъ двухъ нырниковъ разнаго діаметра, изъ коихъ каждый проходитъ чрезъ крышку цилиндра; при

Черт. 88.



Черт. 89.



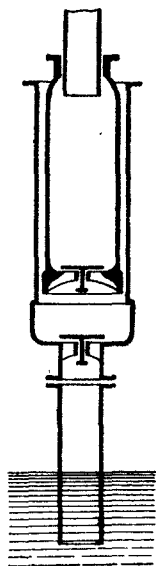
этомъ дѣйствіе насоса пропорціонально разности квадратовъ діаметровъ поршней.

Третью категорію, какъ выше сказано, составляютъ насосы съ однимъ цилиндромъ, въ которомъ одновременно работаютъ два или нѣсколько поршней. Эти насосы представляютъ, собственно говоря, сочетаніе нѣсколькихъ насосовъ и преимущество ихъ состоитъ въ меньшемъ количествѣ клапановъ. При этомъ поршни могутъ быть дисковые, или нырники, или съ клапанами, или-же соединеніе вмѣстѣ тѣхъ и другихъ. Такъ напр., если стаканъ насоса черт. 84 устроенъ безъ дна и крышки и внутри его помѣщены два дисковые поршня, которые отъ середины движутся по двумъ противоположнымъ направленіямъ, то получаемъ сочетаніе двухъ всасывающихъ насосовъ, имѣющихъ только два клапана.

Если же одинъ поршень дисковый, а второй сквозной, то такой насосъ имѣетъ только одинъ клапанъ въ подъемной трубѣ. Наконецъ въ насосѣ съ закрытымъ стаканомъ, гдѣ оба поршня сквозные, клапаны въ трубахъ не нужны; они находятся только въ сквозныхъ поршняхъ.

На черт. 88, показанъ насосъ Доутона, употребляемый на судахъ по причинѣ своего небольшого объема. Онъ состоитъ изъ цилиндра, въ коемъ помѣщены три сквозныхъ поршня съ клапанами. Эти поршни соединены съ рабочимъ валомъ посредствомъ кривошиповъ или эксцентриковъ, расположенныхъ на 120° между собою и движущихся съ разными скоростями. На этомъ основано дѣйствіе насоса. Каждый поршень поднимаетъ воду только при восходящемъ движеніи, причемъ одновременно движутся вверхъ два поршня, изъ коихъ нагнетаетъ тотъ поршень, который движется съ большею скоростью. Въ теченіи полного оборота рабочаго вала, каждый изъ трехъ поршней работаетъ на 120° , такъ что во всасывающей и нагнетательной трубѣ происходитъ непрерывное движеніе воды. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія этихъ насосовъ, на основаніи опытовъ, равенъ 0,95.

Черт. 90



Насосъ съ двумя или нѣсколькими цилиндрами получается, соединяя вмѣстѣ два или нѣсколько насосовъ, и такъ какъ существуетъ множество конструкций насосовъ, то и отъ сочетанія ихъ получаются разнообразныя насосы. Здѣсь приводимъ нѣкоторые изъ нихъ, такъ напр. на схематическомъ чертежѣ 89 показано расположеніе частей насоса двойнаго дѣйствія, съ двумя всасывающими и двумя нагнетательными клапанами, одинъ поршень нырникъ движется между двумя цилиндрами. На черт. 90 изображенъ насосъ, въ стаканѣ котораго помѣщенъ нырникъ, снабженный внизу клапаномъ. Этотъ нырникъ движется вдоль конца нагнетательной трубы, замѣняющей второй цилиндръ. Подобнаго рода насосы устраиваютъ для откачиванія воды изъ глубокихъ шахтъ.

Кромѣ приведенной классификаціи, насосы могутъ быть раздѣлены на слѣдующія группы:

а) въ отношеніи работы поршня: на насосы простаго и двойнаго дѣйствія,

б) въ отношеніи количества поршней или стакановъ: на насосы съ однимъ, двумя или нѣсколькими поршнями и стаканами.

в) въ отношеніи расположенія стакановъ: на насосы горизонтальные, вертикальные и наклонные.

г) въ отношеніи рода поршней: на насосы съ сквозными, дисковыми поршнями и съ нырниками.

Составныя части насоса устраиваютъ слѣдующимъ образомъ:

Стаканъ, чаще всего цилиндрическій, изготовляютъ изъ чугуна, а въ послѣднее время, при большомъ давленіи, изъ литой стали; при насосахъ, которые не постоянно употребляются и, слѣдовательно, могутъ ржавѣть, какъ напр. для пожарныхъ насосовъ или при насосахъ бурильныхъ, чтобы избѣгнуть ржавчины, стаканъ изготовляютъ изъ мѣди или бронзы; иногда, впрочемъ, въ видахъ дешевизны, въ чугунномъ стаканѣ укрѣпляютъ бронзовую втулку. Укрѣпляютъ такую втулку помощью болтовъ или заклепокъ къ чугунному дну и къ крышкѣ стакана, или-же, обмазавъ бронзовую втулку сурикомъ, вгоняютъ ее въ разогрѣтый чугунный стаканъ. Дисковые поршни требуютъ хорошо проточенныхъ стакановъ, при нырникахъ это условіе не имѣетъ большаго значенія. Наконецъ, въ деревенскомъ быту, стаканъ вмѣстѣ съ подъемною трубою составляютъ одно цѣлое и приготовляются изъ одного древеснаго, внутри просверленнаго, ствола.

Если насосъ служить для перекачиванія на высоту до 10 футовъ и всасывающій клапанъ находится въ водѣ нижняго резервуара, то иногда стаканъ съ подъемною трубою дѣлаютъ изъ трехдюймовыхъ досокъ квадратнаго сѣченія. Такого рода насосы удобны для перекачиванія густыхъ жидкостей, напр. барды, и находятъ примѣненіе при шлюзахъ и другихъ простыхъ водоотливныхъ работахъ.

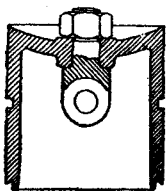
Поршень служитъ для нагнетанія жидкости и при томъ съ одной стороны или съ двухъ сторонъ. Онъ бываетъ

въ видѣ перегородки, тонкій дисковый, или же въ видѣ цилиндра, въ послѣднемъ случаѣ его называютъ нырникомъ.

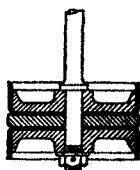
Одно изъ существенныхъ условій правильной работы насоса состоитъ, какъ это выше сказано, въ плотномъ прилегании поршня къ стѣнкамъ цилиндра. Условіе это можетъ быть достигнуто, если поршень приточенъ къ цилиндру, или же посредствомъ особой набивки дискового поршня, или-же, наконецъ, если между поршнемъ—нырникомъ и стаканомъ насоса устроенъ сальникъ.

Дисковые поршни. Матеріаломъ для устройства этого рода поршней служить: дерево, при простыхъ всасывающихъ насосахъ; желѣзо и сталь, если требуется особенная легкость, бронза—при жидкостяхъ разлагающихъ чугунъ, или же для приточенныхъ въ стаканѣ поршней; чаще же всего

Черт. 91.



Черт. 92.



для этого берутъ чугунъ. Толщина поршня опредѣляется въ зависимости отъ давленія имъ претерпѣваемаго.

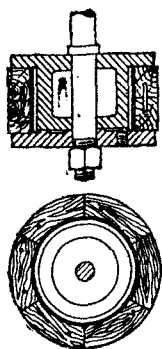
Изготовленіе приточеннаго поршня, отличающагося большею прочностью и незначительнымъ треніемъ, весьма затруднительно, а потому такіе поршни рѣдко примѣняются; обыкновенно для пожарныхъ насосовъ высота поршня равна его діаметру и на поверхности сдѣлано, какъ показываетъ черт. 91, кольцообразное углубленіе для собиранія смазки или грязи.

Болѣе всего въ употребленіи находятся поршни съ набивкою: кожанною, деревянною, пеньковою, холщевою, войлочною, резиною и металлическою; высота дискового поршня находится въ зависимости отъ этой набивки. Кожанная набивка толщиною отъ 3 до 5 миллиметровъ, чаще всего въ видѣ кольца, прикрѣпляется къ поверхности поршня помощью желѣзнаго или мѣднаго кольца и клинѣвъ; высота набивки бываетъ отъ 8 до 15 миллиметровъ; чтобы

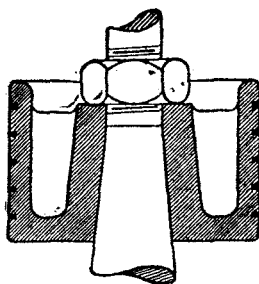
предохранить набивку отъ скорого изнашиванія, кожанную поверхность ея набиваютъ деревянными сапожными гвоздями.

Чтобы поршень плотно закрывалъ стаканъ при движеніи въ обоихъ направленіяхъ, набивка черт. 92 состоитъ изъ двухъ кожаныхъ кружковъ, загнутыхъ въ обѣ стороны; такого рода набивку употребляютъ при насосахъ двойнаго дѣйствія. Кожанная набивка особенно пригодна при насосахъ для откачиванія воды, температура коей не превосходитъ 30°. Но она скоро изнашивается при водѣ, заключающей много песку, и поэтому въ такихъ случаяхъ предпочтеніе слѣдуетъ от-

Черт. 93.



Черт. 94.



дать набивкѣ изъ твердыхъ резиновыхъ колецъ, обхватывающихъ поверхность поршня и прижимаемыхъ винтами.

Деревянная набивка, черт. 93, состоитъ изъ отдѣльных кусковъ твердаго дерева напр. дуба, или ясеня, образующихъ кольцо, которое посредствомъ резиновыхъ колецъ или особыхъ пружинъ прижимается къ поверхности стакана. Эта набивка, равно какъ и пеньковая, примѣняются для горячей воды. Пеньковая набивка, равно какъ холщевая, резиновая и кожанная при маломъ употребленіи теряютъ упругость.

Холщевая и войлочная набивки, иногда просмоленные, покрываютъ поверхность поршня въ видѣ вырѣзанныхъ колецъ, которыя посредствомъ винтовъ и клиньевъ прикрѣплены къ поршню. Металлическая набивка, черт. 94, въ видѣ колецъ или проволоки, укрѣпляемыхъ въ углубленіяхъ на поверхности поршня, устраивается лучше всего изъ металла болѣе мягкаго, нежели стаканъ, чтобы при изнашиваніи перемѣнять тѣ части насоса, которыя легче разобрать.

Материалами для такой набивки служат: чугунъ, сталь, желѣзо, красная и бѣлая мѣдь и фосфористая бронза. Эта набивка болѣе всего удобна при чистой водѣ.

Набивка изъ фосфористой бронзы принадлежитъ къ болѣе прочнымъ, однако, вслѣдствіе защемленія между поршнемъ и цилиндромъ, она не такъ удобопримѣнима.

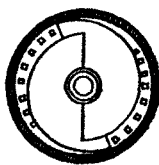
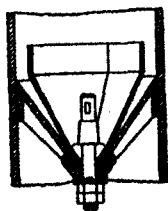
При насосахъ Летестю, находящихся въ большомъ употребленіи для откачиванія мутной воды, заключающей много илу, чугунный или мѣдный конусообразный поршень, черт. 95, сдѣланъ рѣшетчатымъ, сквознымъ, и два кожаные куса образуютъ клапанъ; вслѣдствіе давленія жидкости съ верха внизъ, т. е. при подъемѣ, кожаный клапанъ прижатъ къ конической поверхности поршня; при опусканіи поршня одинъ кожаный кусокъ приближается къ другому.

При сквозныхъ поршняхъ употребляютъ металлическіе, кожаные и резиновые клапаны. Величина отверстія такого поршня должна прежде всего удовлетворять тому условію, чтобы черезъ это отверстіе вода проходила по возможности безъ значительной потери скорости; съ другой-же стороны поршень, въ зависимости отъ размѣровъ и матеріала, долженъ имѣть достаточную толщину, достаточную набивку и достаточно мѣста для прикрѣпленія къ нему стержня.

Нырники. Поршни этого рода чаще всего бываютъ чугунные, цилиндрическіе; при насосахъ, въ коихъ діаметръ больше 10 сантиметровъ, обыкновенно пустотѣлые изъ одного куска, или-же безъ дна и крышки, черт. 96 и черт. 97, которые затѣмъ примазываютъ или прикрѣпляютъ винтами. Иногда для поршня берутъ желѣзо, сталь и бронзу. На чугунный поршень для предохраненія отъ ржавчины натягиваютъ мѣдную втулку, толщиною до трехъ миллиметровъ. Для винтовъ, коими прикрѣпляютъ крышку и дно къ стѣнкамъ стакана, примѣняютъ матеріалъ не подвергающійся ржавчинѣ. Пустотѣлые поршни большого діаметра снабжаютъ внутри ребрами и ребордами.

Между поршнемъ нырникомъ и стаканомъ насоса помѣ-

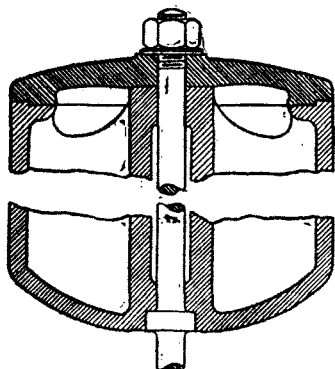
Черт. 95.



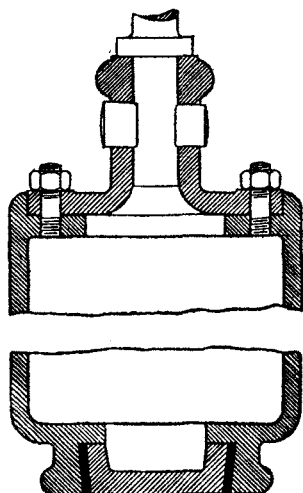
щаютъ сальникъ съ кожанною или пеньковою набивкою, или-же ограничиваются употребленіемъ металлическихъ колецъ, такъ напр., поступаютъ въ тѣхъ случаяхъ, когда стаканъ бываетъ какъ-бы раздѣленъ по серединѣ, перпендикулярно его оси, на двѣ части, причемъ поршень движется какъ будто въ двухъ стаканахъ (насосы Вортингтона).

Кожанная набивка особенно пригодна при температурѣ воды не выше 30^0 и при насосахъ высокаго давленія; при

Черт. 96.



Черт. 97.



городскихъ водопроводахъ предпочтительнѣе металлическая набивка.

Мало употребительны сквозные поршни-нырники, въ такихъ случаяхъ ихъ обыкновенно снабжаютъ коническими или шарообразными клапанами.

Особенно удобопримѣнимы нырники при насосахъ, перекачивающихъ мутную, песчанистую воду, потому что набивка удободоступна и легко можетъ быть перемѣнена.

Штокъ поршня бываетъ желѣзный или стальной и очень рѣдко, при деревянныхъ насосахъ, деревянный; поперечные размѣры штока рассчитываютъ съ 15 кратнымъ запасомъ прочности. Соединеніе его съ поршнемъ устраиваютъ помощью клиньевъ и винтовъ; иногда при горизонтальныхъ насосахъ штокъ проходитъ чрезъ крышку и дно

стакана, чтобы уменьшить прогибъ его отъ значительнаго вѣса поршня, равно какъ и устранить, происходящее при этомъ, одностороннее изнашиваніе стакана.

При ручныхъ насосахъ движущее усиліе приложено или непосредственно къ штоку, или для этой цѣли включаютъ рычагъ. Если при насосахъ примѣняютъ машины, то тогда поршень паровой машины и поршень насоса помѣщаютъ на одномъ штокъ.

Всасывающая и нагнетательная трубы бываютъ: желѣзныя, чаще всего чугуныя, рѣдко деревянныя; мѣдныя и бронзовыя трубы хотя и отличаются значительною прочностью, однако мало употребительны по ихъ дороговизнѣ; свинцовыя употребляются при малыхъ діаметрахъ, причемъ для питьевой воды, такія трубы покрываются слоемъ олова или сѣрнистаго свинца.

Асфальтовыя трубы, цементныя и керамиковыя примѣняютъ при небольшомъ давленіи и развѣдающемъ дѣйствіи воды на желѣзо.

Наконецъ, какъ извѣстно, благодаря своимъ особымъ качествамъ, въ большомъ употребленіи находятся резиновые, кожаные и пеньковые рукава. Резиновые рукава дѣлаютъ изъ вулканизированнаго каучука, съ одною или нѣсколькими пеньковыми прокладками. Пеньковые рукава изготовляютъ безъ шва и большею частью внутри ихъ покрываютъ тонкимъ слоемъ резины и снаружи какимъ нибудь дубильнымъ веществомъ. Если эти рукава предназначены для всасывающихъ трубъ, то противъ сжиманія отъ давленія наружнаго воздуха (внутри трубы образуется почти безвоздушное пространство) помѣщаютъ внутри рукава во всю его длину проволочную спираль. Обыкновенно для этой цѣли служить желѣзная проволока, покрытая слоемъ мѣди или олова, или же проволока изъ желтой мѣди. Снаружи пеньковые и резиновые рукава обтягиваютъ бичевкою.

Клапаны составляютъ одну изъ существенныхъ частей насоса и служатъ для соединенія или разобщенія со стаканомъ всасывающей или нагнетательной трубы. Клапаны бываютъ самодѣйствующие, или же приводимые въ движеніе посредствомъ распредѣлительныхъ механизмовъ машины или одной изъ частей насоса.

Самодѣйствующіе клапаны могутъ открываться подѣ давленіемъ воздуха (всасывающій клапанъ такого-же насоса), или жидкости, обыкновенно въ одну какую нибудь сторону, закрываются же они отчасти вслѣдствіе собственнаго вѣса, отчасти вслѣдствіе давленія на нихъ жидкости. Къ этимъ клапанамъ принадлежатъ: а) подъемные клапаны, коихъ прямолинейное движеніе перпендикулярно плоскости закрываемаго ими отверстія и б) шарнирные клапаны, коихъ движеніе состоитъ во вращеніи клапана около оси.

Клапаны, открываемые при обоихъ движеніяхъ поршня посредствомъ распредѣлительныхъ механизмовъ, бываютъ въ родѣ задвижекъ и крановъ.

Клапаны должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1. плотно закрывать отверстіе, чтобы въ закрытомъ положеніи не могла черезъ клапанъ протекать жидкость.

2. движеніе клапана должно быть таково, чтобы онъ всегда ровно ложился на гнѣздо и чтобы отъ этого не могло произойти сдвигеніе клапана съ гнѣзда, или его защемленіе.

3. въ открытомъ положеніи, клапанъ долженъ пропускать притекающій къ нему объемъ воды.

Для плотности затвора, поверхности соприкосновенія клапана и гнѣзда должны быть точно прилажены, приточены и предѣланы и устроены изъ соотвѣтственныхъ матеріаловъ.

Для подъемныхъ и шарнирныхъ клапановъ при чистой водѣ наиболѣе пригодны металлическія и именно чугуныя и мѣдныя поверхности соприкосновенія, и сплавы мѣди—при водѣ заключающей кислоты, какъ это имѣетъ мѣсто въ рудникахъ. Если же имѣемъ дѣло съ мутными, илистыми водами, то болѣе примѣнимы для клапановъ кожа, дерево и войлокъ; резина примѣняется при небольшомъ давленіи.

Второе условіе при шарнирныхъ и задвижныхъ клапанахъ само собою исполняется; при подъемныхъ клапанахъ правильное направленіе клапана, при его подъемѣ и опусканіи обыкновенно достигается посредствомъ направляющихъ его частей, черт. 98.

Относительно третьяго условія необходимо повторить выше сказанное, а именно, что при устройствѣ правильно

работающего насоса стремятся къ тому, чтобы через всѣ сѣченія его жидкость протекала съ одинаковою скоростью, слѣдовательно, закрываемое клапаномъ отверстіе должно удовлетворять этому условію и идеаломъ было бы, если бы жидкость двигалась со скоростью поршня, но какъ извѣстно, скорость движенія воды по трубамъ бываетъ больше скорости движенія поршня, и потому размѣры отверстія нагнетательнаго поршня опредѣляютъ по скорости, которая будетъ среднею между скоростью въ стаканѣ и въ нагнетательной трубѣ.

Наиболѣе употребительные подъемные клапаны должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

а) поверхность соприкасания клапана и его гнѣзда должна быть возможно меньше, однако достаточна, чтобы образовать плотный затворъ,

б) высота подъема возможно меньше, но достаточна для пропуска требуемаго количества воды,

в) клапанъ долженъ имѣть достаточный вѣсъ.

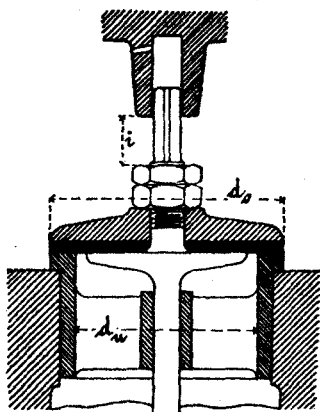
Если же имѣемъ дѣло съ быстрымъ ходомъ клапана и если нельзя допустить значительнаго вѣса клапана вслѣдствіе его большой массы, то для опусканія клапана пользуются упругостью матеріала напр. резины, кожи, или же для этой цѣли, т. е. опусканія, примѣняютъ пружины.

Подъемные клапаны бываютъ: плоскіе (тарелочные), коническіе и шарообразные.

Тарелочные клапаны бываютъ плоскіе черт. 98, или же выпуклые черт. 99, эти послѣдніе, какъ показываютъ опыты, лучше всего пропускаютъ жидкость; это объясняется тѣмъ, что треніе между жидкостью движущейся изъ всасывающей трубы и жидкостью, собранною подъ колпакомъ клапана, менѣе, нежели треніе жидкости о плоское дно металлическаго клапана.

Размѣры тарелочнаго клапана опредѣляются изъ фор-

Черт. 98.

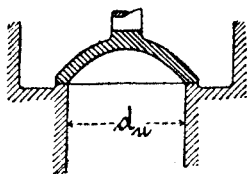


мулы: $Q = \alpha \frac{\pi d^2}{4} v = \alpha_1 \pi d i v'$ гдѣ i высота подъема клапана, α коэффициентъ сжатія, равный въ среднемъ 0,80, α_1 коэффициентъ сжатія при проходѣ воды чрезъ цилиндрическую поверхность $\pi d i$, и $\alpha_1 < \alpha$, такъ что вообще $i > \frac{d}{4}$.

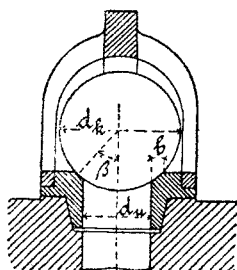
Коническій клапанъ имѣетъ такое же приспособленіе для направленія движенія какъ и плоскій.

Шарообразные клапаны черт. 100 примѣняютъ при небольшихъ насосахъ для густыхъ жидкостей, какъ напр. для барды, грязныхъ водъ и т. п.; эти клапаны обладаютъ тѣмъ преимуществомъ, что не имѣютъ угловъ, но съ другой сто-

Черт. 99.



Черт. 100.



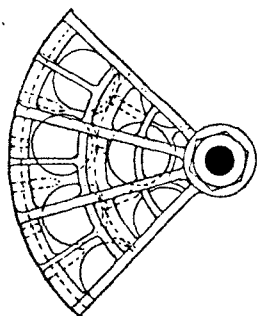
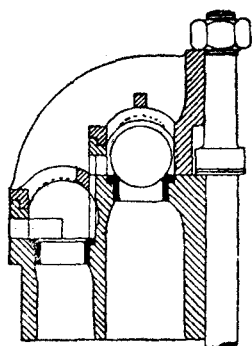
роны неплотно закрываютъ, потому что поверхности соприкасания постоянно мѣняются; для небольшого діаметра шары дѣлаютъ бронзовые или мѣдные сплошные. Для величины такого рода шарообразныхъ клапановъ есть предѣлъ по слѣдующимъ соображеніямъ: сила, которая снизу вверхъ давитъ на клапанъ и его открываетъ, при данномъ матеріалѣ и данной скорости, пропорціональна квадрату діаметра отверстія, между тѣмъ вѣсъ шарообразнаго клапана пропорціоналенъ третьей степени діаметра, слѣдовательно, при нѣкоторомъ вѣсѣ клапана давленіе снизу вверхъ можетъ оказаться не въ состояніи открыть клапанъ. Поэтому шары дѣлаютъ болѣе легкими, а именно: деревянными или резиновыми съ желѣзнымъ или свинцовымъ ядромъ. При этомъ діаметръ шара долженъ быть возможно меньше и, чтобы избѣгнуть защемленія, принимаютъ уголъ β между отвѣсною линіею внизъ и радіусомъ отъ центра шара до середины гнѣзда $= 45^\circ$,

діаметръ шара составляетъ отъ $\frac{3}{2}$ до $\frac{8}{5}$ діаметра приводной, всасывающей трубы.

Если требуется, чтобы высота подъема клапана была возможно меньше, то клапаны устраиваютъ въ два гнѣзда, располагаемые или въ одной плоскости, и тогда получаютъ кольцообразные клапаны, или же въ разныхъ плоскостяхъ, и тогда получаютъ ступенчатые клапаны.

Иногда вмѣсто одного подъемнаго клапана въ одной общей коробкѣ помѣщаютъ нѣсколько клапановъ, располагая ихъ въ одной или въ разныхъ плоскостяхъ. Такіе клапаны образуются изъ соединенія въ одной коробкѣ нѣсколькихъ тарелочныхъ, коническихъ или шарообразныхъ клапановъ. На черт. 101, показанъ клапанъ, состоящій изъ 21 шара, каждый $d=62$ миллиметрамъ, устроенныхъ при насосахъ на рудникахъ въ Силезіи.

Черт. 101.



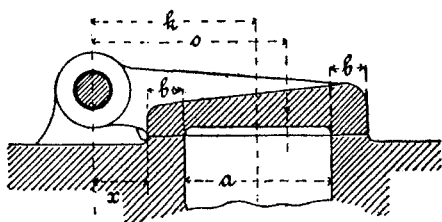
Шарнирные клапаны бываютъ, какъ выше сказано, металлическіе, резиновые или кожаные, послѣдніе то лщиною отъ 4 до 6 миллиметровъ; въ первомъ случаѣ ось вращенія состоитъ изъ металлическаго горизонтальнаго стержня съ возможно широкими цапфами для уменьшенія тренія; въ послѣднемъ случаѣ пользуются упругостью матеріала, а именно части клапана прикрѣплены такимъ образомъ, что образуется тоже горизонтальная ось вращенія. Поверхности соприкосновенія бываютъ горизонтальныя или наклонныя. Ширина круглыхъ поверхностей соприкосновенія $b = \frac{4}{5} \sqrt{d}$, гдѣ d діаметръ трубы, при чемъ полезно, чтобы высота подъема клапана была возможно меньше.

Шарнирные клапаны въ отношеніи формы, матеріала и установки бываютъ весьма разнообразны. При небольшомъ

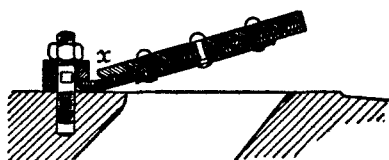
количество протекающей воды достаточно иметь одинъ клапанъ; при болѣе значительномъ объемѣ воды устраиваютъ рядомъ два и болѣе клапановъ.

Металлическіе клапаны закрываютъ круглое, квадратное или прямоугольное отверстіе; ихъ дѣлаютъ, большею частью, бронзовыми, хотя существуютъ желѣзные и чугунные клапаны.

Черт. 102.



Черт. 103.



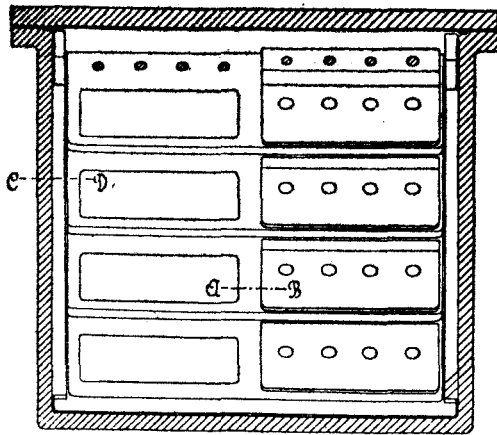
Чтобы клапанъ правильно закрывалъ отверстіе (черт. 102), внутреннее ребро клапана должно быть на разстояніе x удалено отъ плоскости, проходящей чрезъ ось и перпендикулярной площади закрываемаго отверстія и, чтобы клапанъ плотно закрывалъ отверстіе, діаметръ отверстія цапфы дѣлаютъ на

1 до 2 миллиметровъ больше діаметра стержня, образующаго ось вращения клапана.

Кожанные клапаны устраиваютъ разнообразно; одинъ изъ употребительныхъ способовъ указанъ на чертежѣ 103, а именно: онъ состоитъ изъ двухъ рядовъ толстой кожи отъ 4 до 6 мм., къ которымъ, снизу и сверху, приклепаны или привинчены желѣзные кружки для увеличенія вѣса клапана. Если вмѣсто одного требуется имѣть нѣсколько клапановъ, то ихъ укрѣпляютъ въ отдѣльной коробкѣ, какъ это показано на черт. 104, гдѣ восемь клапановъ прикрѣплены къ чугунной доскѣ, которая клиньями укрѣплена въ коробкѣ.

Резиновые клапаны примѣнимы для небольшихъ давленій, такъ что давленіе на одинъ кв. сантим. поверхности соприкосновенія не больше 20 килогр., причемъ резиновые пластинки дѣлаютъ разной формы и толщины съ пеньковой прокладкою и безъ нея. Эти пластинки прикрѣпляютъ въ видѣ кожаныхъ, или же (черт. 105) онѣ прижимаются къ конусообразной металлической поверхности.

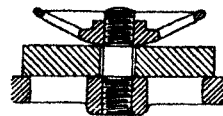
Къ числу металлическихъ клапановъ, устраиваемыхъ при
Черт. 104.



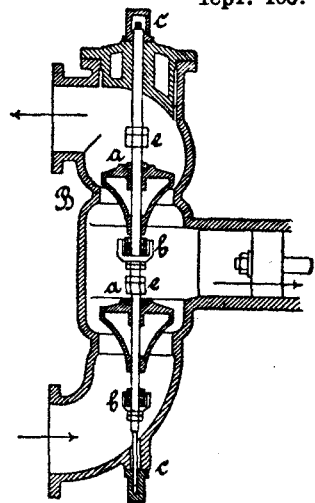
быстроходящихъ насосахъ и при небольшой высотѣ всасы-
ванія, принадлежатъ клапаны, устройство которыхъ пока-
зано на черт. 106. Здѣсь оба

Черт. 106.

клапана, всасывающій и нагнетательный, свободно насажены на желѣзную штангу, по которой передвигаясь, ударяютъ въ буфера; при этомъ эти клапаны никогда не закрываютъ совершенно отверстия, а лишь его суживаютъ, слѣдовательно, при быстромъ ходѣ избѣгнуты удары, и кромѣ того въ періодъ всасыванія къ водѣ, движущейся вслѣдствіе живой силы въ нагнетательной трубѣ, притекаетъ вода изъ стакана въ ту-же нагнетательную трубу, и въ періодъ нагнетанія происходитъ притокъ воды изъ всасывающей трубы въ стаканъ. Эти обстоятельства влекутъ за собою увеличеніе производительности насоса.



Черт. 106.



Для помѣщенія клапановъ къ
стакану придѣланы, или привинчены отдѣльныя коробки,

снабженныя крышкою или дверцами съ цѣлью удобнаго осмотра и, въ случаѣ надобности, замѣны поврежденныхъ или изношенныхъ частей. Коробки эти, соединенныя съ всасывающею и нагнетательною трубою, подвержены наиболѣе сильнымъ ударамъ, а потому должны быть очень прочно устроены и небольшихъ размѣровъ, чтобы сдѣлать болѣе удободоступными и чтобы не выходила большою толщина ихъ, зависящая отъ длины стѣнокъ. Коробка имѣетъ размѣры необходимые для подъема клапана и образованія надлежащаго поперечнаго сѣченія для протекающей жидкости; при цилиндрическихъ чугунныхъ коробкахъ принимаютъ коэффициентъ прочнаго сопротивленія не болѣе $\frac{1}{2}$ килограмма на квадратный миллиметръ.

Одно изъ самыхъ существенныхъ условий хорошо устроенныхъ самодѣйствующихъ клапановъ состоитъ, какъ выше сказано, въ томъ, чтобы высота подъема клапана была возможно меньше, соблюдая при этомъ условіе, чтобы площадь, чрезъ которую протекаетъ вода, при открытомъ клапанѣ была равна площади поперечнаго сѣченія поршня, если средняя скорость его движенія составляетъ около одного метра (3.28 ф.). Эти условія, при насосахъ подающихъ болѣе значительныя количества воды, влекутъ за собою необходимость устраивать особыя клапанныя коробки, въ которыхъ помѣщаютъ тогда до 15 кольцообразныхъ клапановъ, или до 10 рядовъ одного надъ другимъ гнѣздъ, или до ста и болѣе ступенчатыхъ клапановъ. Однимъ словомъ, всѣ эти приспособленія усложняютъ и удорожаютъ насосы. Вытекающія отсюда неудобства могутъ быть устранены при увеличеніи высоты подъема клапана, но это возможно лишь тогда, когда опусканіе клапана будетъ устроено посредствомъ распредѣлительнаго механизма, а не предоставлено вѣсу клапана или находящейся надъ нимъ пружины, и происходитъ при томъ въ самое короткое время.

На этомъ основаніи введены въ употребленіе распредѣлительные механизмы, приводимые въ движеніе посредствомъ штока поршня насоса, или же получающіе движеніе отъ рабочаго вала машины. Клапаны большею частью плоскіе, тарелочные, самооткрывающіеся во время почти всего восходящаго движенія поршня, въ концѣ этого движенія посред-

ствомъ распредѣлительнаго механизма быстро опускаются, иногда не совсѣмъ закрывая отверстіе, но окончательное самозакрываніе происходитъ, когда поршень заканчиваетъ нисходящее движеніе. Такого устройства клапаны, сравнительно съ вышеописанными, представляли много преимуществъ, а именно: вслѣдствіе возможности увеличить высоту подъема клапана, вѣсъ клапана меньше, слѣдовательно, поверхность соприкасанія и гнѣздо тоже меньше (поверхность соприкасанія клапана и гнѣзда составляетъ отъ $\frac{1}{7}$ до $\frac{1}{13}$ поверхностнаго соприкасанія для обыкновенныхъ клапановъ). Насосъ снабженъ всего двумя клапанами нагнетательнымъ и всасывающимъ, и вѣсъ клапановъ составляетъ отъ $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{10}$ многократныхъ клапановъ.

Стоимость такихъ клапановъ также меньше, въ особенности при насосахъ высокаго давленія. Ходъ клапановъ очень плавный, такъ что скорость движенія насоса можетъ быть увеличена; нѣтъ надобности придавать клапану извѣстный вѣсъ, наоборотъ, онъ можетъ быть сдѣланъ возможно легче, отказъ клапановъ, равно какъ защемленіе, не можетъ случиться. Такіе клапаны устроены на горныхъ заводахъ въ Кладно, гдѣ на высоту 520 метровъ, посредствомъ одного, единственнаго нагнетанія, поднимаютъ 3 куб. м. въ 1 минуту при 60 до 160 оборотахъ. Многіе изъ новѣйшихъ городскихъ водоснабженій тоже снабжены такого рода клапанами.

При паровыхъ котлахъ, питаемыхъ водою высокой температуры, или при насосахъ, которые должны сосать изъ пространства съ разряженнымъ воздухомъ, клапанъ при всасываніи, т. е. при открываніи, снабжаютъ распредѣлительнымъ механизмомъ.

Наконецъ существуютъ насосы, при которыхъ какъ подъемъ, такъ равно и опусканіе клапановъ, происходитъ посредствомъ распредѣлительнаго механизма. Такіе клапаны устраиваютъ въ родѣ крановъ и задвижекъ, причемъ одинъ клапанъ служитъ для распредѣленія воды при всасываніи и подъемѣ, закрывая или открывая сообщеніе выходовъ стакана съ всасывающею и подъемною трубою. Хотя эти клапаны имѣютъ нѣкоторыя преимущества, а именно, своевременное дѣйствіе клапановъ, независимость отъ засоренія кла-

паннхъ гнѣздъ, однако, по затруднительности устройства распредѣлительнаго механизма, по громоздкости и по причинѣ затраты значительнаго усилія на передвиженіе клапана, они мало употребительны.

Приспособленія для наполненія и опоражниванія насоса. Нѣкоторые изъ поршневыхъ насосовъ въ состояніи начать работу безъ предварительнаго наполненія, другіе же для всасыванія снабжены особыми приспособленіями, а именно:

а) стаканъ снабженъ, для наполненія, отверстіемъ, которое закрывается посредствомъ крана;

б) въ самой возвышенной части всасывающей трубы и стакана находится кранъ или клапанъ, черезъ который, во время наполненія насоса, можетъ уходить воздухъ;

в) нижній конецъ всасывающей трубы снабженъ приѣмнымъ клапаномъ, закрываемымъ во время наполненія насоса, или при его остановкѣ. Насосы большаго діаметра быстро наполняются и потому не нуждаются въ приѣмномъ клапанѣ;

г) между стаканомъ и всасывающею трубою, помѣщаютъ соединительную трубу съ краномъ для наполненія всасывающей трубы изъ стакана;

д) стаканъ и всасывающую трубу наполняютъ иногда изъ подъемной трубы, въ особенности, если въ этой послѣдней находится постоянно вода, при этомъ устраиваютъ соединительную трубу между всасывающей и нагнетательной. Сперва наполняютъ всасывающую трубу, откуда воздухъ уходитъ въ цилиндръ и оттуда въ атмосферу, и затѣмъ происходитъ наполненіе стакана.

Для опоражниванія насоса, къ нему придѣлываютъ особые краны и клапаны; для осмотра нагнетательнаго клапана помѣщаютъ въ подъемной трубѣ надъ нимъ клапанъ, который открытъ во время дѣйствія насоса; онъ или самъ закрывается при остановкѣ машины, или же его закрываютъ руками.

Для того, чтобы при движеніи паровой машины насосъ могъ работать въ холостую, примѣняютъ различныя мѣры, а именно: нагнетательный клапанъ, посредствомъ рычага, держать открытымъ, при этомъ всасывающій клапанъ постоянно закрытъ; или же открываютъ кранъ въ соединительной трубѣ между всасывающею и нагнетательною, при-

чемъ происходитъ всасываніе воды изъ подъемной трубы и нагнетаніе въ ту-же трубу; или же соединяють стаканъ съ всасывающей трубою и устраняють приѣмный клапанъ внизу этой трубы, при этомъ оба клапана находятся въ покоѣ.

Чтобы убѣдиться въ правильномъ и хорошемъ устройствѣ насоса, съ нимъ производять слѣдующіе опыты:

1. Всасывающую трубу съ клапанами испытываютъ посредствомъ вакуумметра, который помѣщаютъ при трубѣ, предварительно плотно закрывъ ее въ любомъ мѣстѣ ниже вакуумметра. Если открыть нагнетательный клапанъ и привести въ движеніе поршень, то насосъ производитъ дѣйствіе воздушнаго насоса; во всасывающей трубѣ воздухъ будетъ разрѣженъ и это разрѣженіе, по истеченіи нѣкотораго времени, остается почти постояннымъ. Плотно закрывающій насосъ показываетъ во всасывающей трубѣ разрѣженіе равное высотѣ столба ртути отъ 60 до 70 сантиметровъ, т. е. около 0.10 одной атмосферы. Неплотное приставаніе этой части насоса обнаруживается, прекративъ движеніе поршня и замѣтивъ чрезъ одну или двѣ минуты пониженіе степени разрѣженія воздуха, т. е. меньшія показанія вакуумметра.

Если во время этого опыта придать поршню положеніе наиболѣе удаленное отъ всасывающаго клапана и въ стаканъ посредствомъ крана впустить воздухъ то болѣе быстрое пониженіе степени разряженія воздуха указываетъ на неплотный затворъ, образуемый всасывающимъ клапаномъ. Какъ видимъ этотъ опытъ производять съ насосомъ безъ воды.

2. Второй опытъ, тоже съ насосомъ безъ воды, состоитъ въ испытаніи, на сколько плотно закрывается нагнетательный клапанъ; для этой цѣли прежде всего закрываютъ подъемную трубу на столько плотно, чтобы не проникалъ воздухъ, къ ней прикрѣпляютъ манометръ и затѣмъ, открывъ всасывающій клапанъ, качаютъ поршень. При этомъ воздухъ въ подъемной трубѣ сгущается и чрезъ нѣкоторое время это сгущеніе остается постояннымъ, если въ стаканѣ въ поршнѣ, въ подъемной трубѣ и въ клапанахъ нѣтъ щелей, пропускающихъ воздухъ. Въ противномъ случаѣ, пріостановивъ качаніе поршня, чрезъ одну или двѣ минуты наблюдается пониженіе давленія, которое отчасти можетъ быть вызвано

пониженіемъ температуры воздуха; его температура повысилась вслѣдствіе сгущенія при накачиваніи воздуха въ подъемную трубу. Если поршень находится непосредственно надъ всасывающимъ клапаномъ и изъ цилиндра будетъ чрезъ кранъ выпущенъ воздухъ въ атмосферу, то болѣе быстрое пониженіе давленія, наблюденное въ подъемной трубѣ, показываетъ, что нагнетательный клапанъ не плотно закрывается.

3. Третій опытъ состоитъ въ нагнетаніи воды въ закрытую на верхнемъ концѣ подъемную трубу, при чемъ давленіе жидкости доводятъ, на примѣръ при пожарныхъ насосахъ, до 10 или 15 атмосферъ. Если затѣмъ, чрезъ нѣкоторое весьма непродолжительное время, послѣ остановки качанія, наблюдается на манометрѣ пониженіе давленія въ подъемной трубѣ, то это указываетъ на щели въ нагнетательномъ клапанѣ и трубѣ; подъемная труба по стѣнкамъ и соединеніямъ даетъ течъ. Неплотное прилеганіе нагнетательнаго клапана къ его гнѣзду обнаруживается, какъ и во второмъ опытѣ, быстрымъ пониженіемъ давленія въ подъемной трубѣ, если предварительно выпустить воздухъ изъ стакана.

4. Опредѣленія полезнаго дѣйствія насоса достигаютъ, если сравнить измѣренное количество воды, поднятое въ извѣстное время въ верхній резервуаръ, съ тѣмъ количествомъ воды, которое теоретически получилось въ тоже время въ зависимости отъ системы насоса, скорости движенія поршня и его поперечнаго сѣченія,

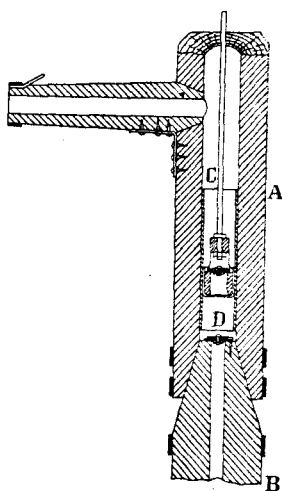
5. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія и необходимая работа двигателя опредѣляется изъ сравненія, въ теченіи извѣстнаго времени, работы двигателя, наблюденной по динамометру, съ работою того же двигателя, полученною изъ формуль.

6. Наконецъ, посредствомъ индикатора, помѣщеннаго на стаканѣ, а еще лучше и при другихъ частяхъ насоса, возможно прослѣдить правильность устройства стакана, клапановъ, а равно и остальныхъ частей насоса.

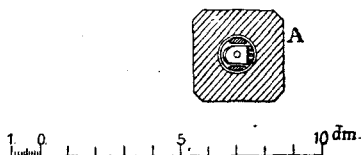
Поршневые насосы съ прямолинейнымъ движеніемъ поршня, какъ видимъ, имѣютъ чрезвычайно разнообразное устройство; изъ нихъ приводимъ описаніе нѣкоторыхъ наиболѣе простыхъ, или же удовлетворяющихъ спеціальному назначенію.

На черт. 107 показанъ, въ вертикальномъ разрѣзѣ, деревянный общеупотребительный всасывающій насосъ, отличающійся дешевизною своего устройства. Онъ состоитъ изъ четырехъ полторавершковыхъ досокъ *A*, связанныхъ желѣзными обручами, или же изъ одного цѣльнаго древеснаго ствола. Деревянный сквозной поршень снабженъ кожанымъ шарнирнымъ клапаномъ, къ которому прикрѣплены деревянные кружки, или желѣзные пластинки. Внутри ствола, для предохраненія изнашиванія, иногда вставляютъ металлическую втулку *CD*; набивка поршня обыкновенно кожаная. Всасываю-

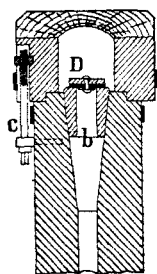
Черт. 107а.



Черт. 107б.



Черт. 107в.



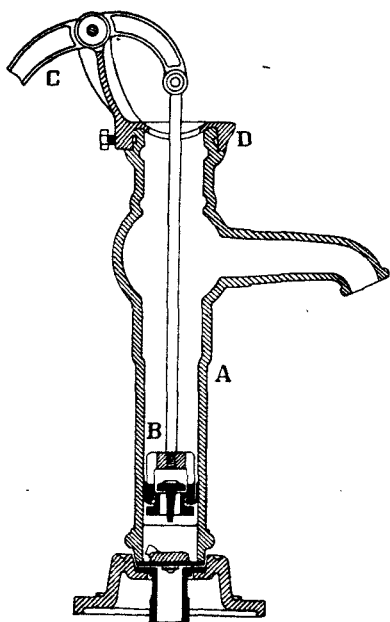
щій клапанъ укрѣпляютъ внизу непосредственно въ трубѣ, или же для этого клапанъ *D* имѣетъ отдѣльное гнѣздо; такое устройство представляетъ то преимущество, что для замѣны клапана нѣтъ надобности вынимать изъ воды весь стволъ, а достаточно снять верхнюю часть насоса.

На черт. 108 показанъ всасывающій насосъ, состоящій изъ чугунаго стакана *A*, внутри котораго движется сквозной поршень *B* съ кожаной набивкой и плоскимъ подъемнымъ клапаномъ. Внизу въ стаканѣ укрѣпленъ шарнирный клапанъ, закрывающій отверстіе въ всасывающую трубу. Этотъ насосъ прикрѣпляютъ болтами къ крышкѣ колодца,

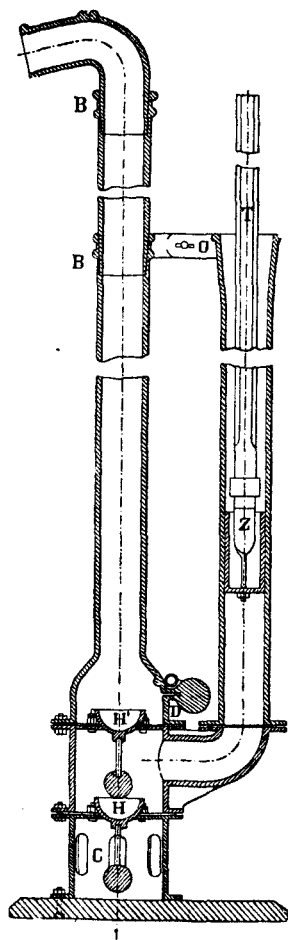
или-же, посредствомъ придѣланныхъ проушинъ, его соединяють съ вертикальнымъ столбомъ или же со стѣною. Стаканъ на верху открытъ и діаметръ крышки такой величины, чтобы можно было вынуть поршень для осмотра и замѣны набивки и клапановъ. Обыкновенно внутренний діаметръ стакана составляетъ отъ 2 до 4 дюймовъ и ходъ поршня отъ четырехъ до девяти дюймовъ.

Въ большомъ употребленіи, въ особенности для перекачиванія густыхъ жидкостей, находится нагнетательный насосъ, изображенный

Черт. 108.



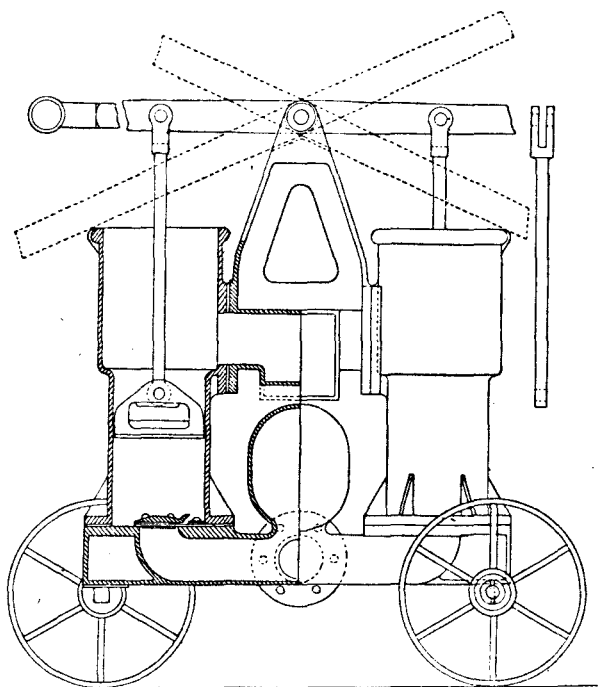
Черт. 109.



на черт. 109, извѣстный подъ названіемъ насоса Фаулера, хотя впервые онъ былъ устроенъ въ 1877 году въ Лейпцигѣ Яковомъ Бекеромъ. Этотъ насосъ обыкновенно нижнюю часть *C* прикрѣпляютъ къ деревянной доскѣ и погружаютъ въ воду. Въ чугунномъ, сверху открытомъ, стаканѣ движется цилиндрическій поршень *Z*, чрезъ дно котораго

проходить желѣзный болтъ, вилкообразно обхватывающій штокъ *T*; надъ приѣмною коробкою *C* находятся два клапана: всасывающій *H* и нагнетательный *H'*; оба въ видѣ полушарій, къ которымъ внизу посредствомъ стержней прикрѣплены чугуныя шарообразныя гири для направленія движенія. Гнѣзда клапановъ выложены кожаными или резиновыми кольцами. Клапанъ *D* открываетъ отверстіе, для

Черт. 110.



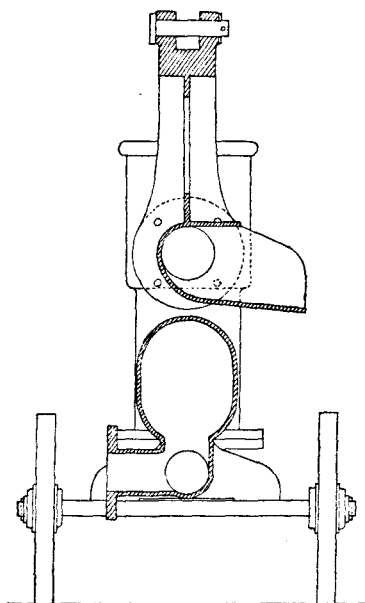
опаражнванія нагнетательной трубы *ВВ*, которая со стаканомъ соединена посредствомъ колець и винта, или чеки *O*.

Точно также весьма употребительны насосы показанные на черт. 110 и 111, общеизвѣстные подъ названіемъ насосовъ Летестю, если поршень и кожаный въ немъ клапанъ имѣетъ устройство показанное на стр. 157, черт. 95. Эти насосы двухцилиндровые, безъ крышки, особенно примѣнны для откачиванія грязныхъ, мутныхъ жидкостей, заключающихъ много ила, песку, щепокъ и прочее. Для подъема воды на болѣе значительную высоту, стаканы снабжены

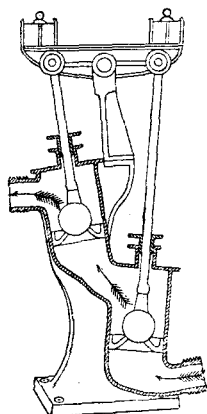
крышкою, такъ что штокъ поршня проходитъ черезъ сальникъ; тогда въ началѣ нагнетательной трубы помѣщаютъ воздушный колоколъ.

На черт. 112 показанъ вертикальный разрѣзъ насоса съ постоянною струею вытекающей воды. Онъ состоитъ изъ

Черт. 111.



Черт. 112.

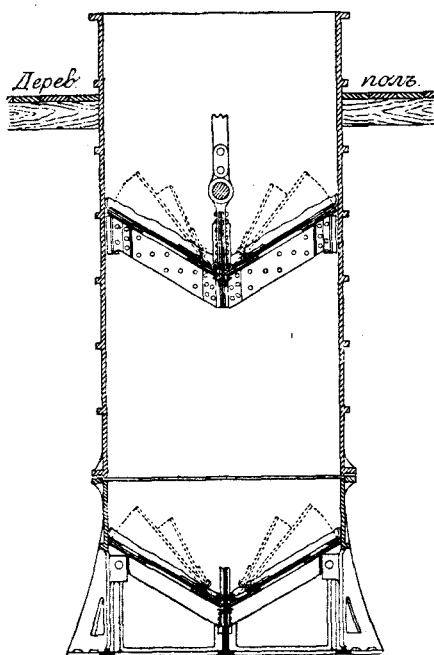


двухъ поршней, заканчивающихся внизу шаровыми клапанами, въ немъ жидкость не перемѣняетъ направленія движенія и поэтому устраняется одно изъ обстоятельствъ къ отложенію постороннихъ тѣлъ, такъ что и этотъ насосъ удобенъ для откачиванія густыхъ жидкостей, но онъ менѣе производителенъ, потому что приходится приводить въ движеніе два поршня вмѣсто одного, слѣдовательно, является нѣкоторая потеря работы двигателя.

На чертежѣ 113 показанъ въ разрѣзѣ одинъ изъ вертикальныхъ всасывающихъ насосовъ, которые были устроены для осушенія въ Голландіи Гаарлемскаго озера. Чугунный вертикальный цилиндръ діаметромъ 1,60 метр. имѣетъ внизу всасывающій клапанъ, состоящій изъ двухъ полукруглыхъ, на шарнирахъ вращающихся, частей, въ которыхъ помѣщены

другіе клапаны полукруглые, меньшаго діаметра; при такомъ устройствѣ клапановъ достигается уменьшеніе высоты подъема клапана. Такого-же рода устройство имѣетъ поршень съ клапанами; къ поршню прикрѣплена цѣпь, соединенная съ балансиромъ; длина хода поршня равна 3 метрамъ; клапаны снабжены кожаной набивкою. Вода, поднимаемая поршнемъ, вытекаетъ чрезъ верхнее отверстіе ци-

Черт. 118.



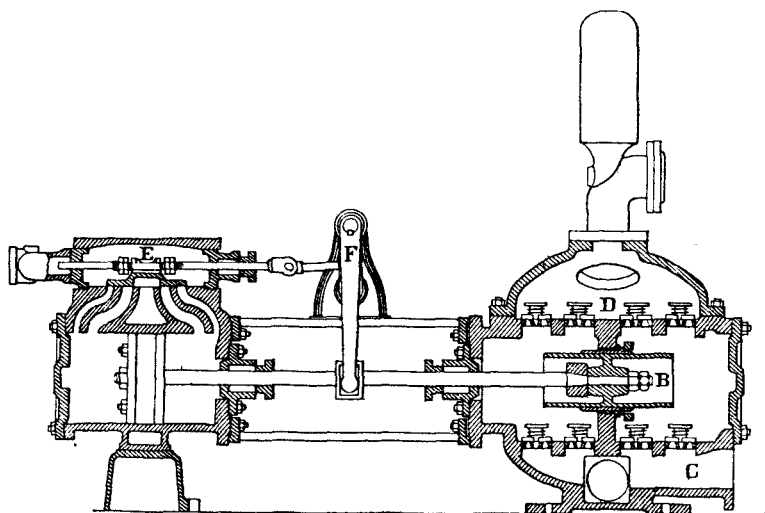
линдра на деревянный полъ отводнаго русла, соединяемого съ каналомъ; насосъ дѣлаетъ въ одну минуту отъ 4 до 8 качаній, и во время одного хода онъ поднимаетъ шесть кубическихъ метровъ воды. При восьми качаніяхъ въ одну минуту, одиннадцать такихъ насосовъ требуютъ 528 паровыхъ силъ; количество топлива, израсходованнаго въ одинъ часъ на паровую силу, составляло отъ 1,96 килограмма при высотѣ подъема 4,60 метра и до 3,45 килограмма при высотѣ подъема равной 2,70 метра. По причинѣ значительнаго расхода топлива, въ Лейденѣ, близъ Гальфвега, вмѣсто 8 та-

кихъ всасывающихъ насосовъ съ 1893 года поставлены два центробѣжные насоса.

Наконецъ, на черт. 114 показанъ паровой горизонтальный насосъ Вортингтона нормального типа, не занимающій много мѣста и отличающійся большею производительностью, при довольно значительномъ расходѣ топлива.

Этотъ насосъ состоитъ обыкновенно изъ двухъ цилиндровъ, въ каждомъ изъ нихъ движется чугунный пустотѣ-

Черт. 114.



лый поршень нырникъ *B* внутри кольца *D*, устраиваемаго изъ фосфористой бронзы. На противоположномъ концѣ стержня (штока) поршня помѣщенъ поршень пароваго цилиндра, такимъ образомъ движеніе послѣдняго поршня передается непосредственно поршню *B*, скорость движенія обоихъ поршней одинакова. Вода, поступающая въ всасывающую коробку чрезъ отверстія, закрываемыя плоскими клапанами, поступаетъ въ главную коробку насоса, откуда поршень *B* выдавливаетъ ее чрезъ отверстіе нагнетательныхъ клапановъ въ коробку *D* и оттуда въ нагнетательную трубу. Къ послѣдней присоединенъ воздушный колоколь. Этотъ насосъ, какъ показываетъ на чертежѣ расположеніе клапановъ, принадлежитъ къ насосамъ двойнаго дѣйствія.

Насосы Вортингтона приготовляются разныхъ образцовъ и разной величины, такъ напимѣръ для питанія котловъ, гдѣ требуется большое давленіе и небольшой объемъ воды. Кромѣ того насосы низкаго давленія, насосы системы компаундъ, пожарные насосы, насосы для легкихъ работъ, для всеобщаго употребленія и вертикальные насосы для пароходовъ, съ чугуннымъ или бронзовымъ стаканомъ.

Для подъема, на высоту 513 метровъ, сорока кубическихкихъ метровъ воды въ сутки, для надобностей форта на Лысой горѣ въ гор. Ниццѣ, во Франціи, при чемъ воду приходилось провести на разстояніе 1350 метровъ, устроено восемь нагнетательныхъ насосовъ особой конструкции. Диаметръ поршня насоса 0,050 метра и длина хода 0,10 метра, при 30 оборотахъ вала въ минуту; желѣзныя, водопроводныя трубы діаметромъ 0,04 метра испытывались на давленіе отъ 200 до 250 атмосферъ. Расходъ топлива, каменнаго угля, въ часъ, на паровую силу, составляетъ 1,38 килогр., и объемъ воды, поднятой въ теченіе этого промежутка времени, равнялся 2,309 куб. метровъ, такъ, что, на одинъ куб. метръ поднятой воды израсходовано 4,60 килограммовъ угля.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Двигатели для подъема воды. Сравненіе разныхъ способовъ подъема воды.

§ 10. Двигатели.

Описанныя нами приспособленія для подъема воды могутъ работать посредствомъ мускульной силы человѣка и домашнихъ животныхъ, или же для этой цѣли могутъ быть примѣнены всякаго рода двигатели, а именно: паровые, газовые, керосиновые, водяные, вѣтряные, электромоторы и другіе.

Человѣкъ можетъ производить работу при рычагѣ, блокѣ, аншпугѣ и рукояткѣ. При рычагѣ, у насоса, усиліе при опусканіи рычага, втрое больше усилія для подъема рычага; періодъ работы (залогъ) продолжается отъ 5 до 10 минутъ, продолжительность рабочаго дня считаютъ восемь часовъ.

Мускульная сила домашнихъ животныхъ наиболѣе цѣлесообразно утилизируется посредствомъ привода.

На прилагаемой таблицѣ показаны элементы наивыгоднѣйшей работы живыхъ двигателей, а именно: средняя сила тяги двигателей, работа при машинахъ и вертикальный подъемъ грузовъ, причемъ для этихъ данныхъ приведены величины усилія въ пудахъ и въ килограммахъ; скорость въ одну секунду въ футахъ и метрахъ; работа въ одну секунду въ пудофутахъ и килограммометрахъ, и время суточной работы въ часахъ:

Таблица элементов наимыгоднѣйшей работы живыхъ двигателей.

	УСИЛІЕ.		СКОРОСТЬ.		Работа въ одну секунду.		Время суточной работы въ часахъ.
	въ пудахъ.	въ килограммъ.	въ футахъ.	въ метрахъ.	въ пудофутахъ.	въ килограмметрахъ.	
1. Средняя сила тяги двигателей.							
Человѣкъ, вѣсъ = $4\frac{1}{2}$ пуд.	0,85	13,92	2,5	0,762	2,12	10,60	8
Лошадь, вѣсъ = 17 пуд.	3,40	55,69	4,0	1,219	13,60	67,89	8
Волъ, вѣсъ = 17 пуд.	3,40	55,69	2,5	0,762	8,50	42,44	8
2. Работа при машинахъ.							
Человѣкъ, при рычагѣ	0,30	4,91	3,6	1,097	1,08	5,39	8
» » блокѣ	1,10	18,02	0,66	0,201	0,73	3,63	6
» » аншпугахъ шпиля	0,75	12,28	2,0	0,609	1,50	7,49	8
» » рукояткѣ дл. въ 16—18 с. .	0,50	8,19	2,4	0,731	1,20	5,99	8
» » колесѣ съ ручками противъ оси вала.	0,50	8,19	3,4	1,036	1,70	8,49	8
» » колесѣ съ ручками въ нижней его части, гдѣ радиусъ колеса съ вертикалью составляетъ уголъ $\alpha = 24^\circ$	0,73	11,96	2,25	0,686	1,64	8,19	8
» » насосѣ	0,36	5,90	2,50	0,762	0,90	4,49	8
» » колесахъ со ступенями противъ оси колеса . . .	3,66	59,95	0,50	0,152	1,83	9,12	8
» на колесахъ со ступенями при $\alpha = 24^\circ$ } внѣшними внутренними.	0,62	10,16	2,25	0,686	1,40	6,98	8
	4,00	65,52	0,4	0,122	1,60	7,99	8
Лошадь въ манежѣ, шагомъ	2,70	44,22	3,0	0,914	8,10	40,43	8
Волъ въ манежѣ, шагомъ	3,30	54,06	2,0	0,609	6,60	32,94	8
3. Вертикальный подъемъ грузовъ.							
Человѣкъ, идущій по легкому скату безъ груза.	4,0	65,52	0,5	0,152	2,0	9,97	8
» поднимающій грузъ руками . .	1,20	19,62	0,5	0,152	0,6	2,99	6

Всякіе другіе двигатели примѣняютъ, для подъема воды, при описанныхъ снарядахъ и машинахъ, или непосредственно, т. е. такимъ образомъ, чтобы главная часть двигателя сообщала движеніе подъемной машинѣ, или же движеніе передается посредствомъ передаточныхъ механизмовъ, приводовъ. Устройство перваго рода, какъ мы видѣли, представляетъ много преимуществъ, устройство втораго рода иногда просто необходимо вслѣдствіе различныхъ скоростей съ какими работаетъ двигатель и водоподъемная машина. Такъ напримѣръ, при архимедовыхъ винтахъ и водоподъемныхъ колесахъ, приводимыхъ въ движеніе паровыми машинами, или при насосахъ, работающихъ помощью турбинъ, электромоторовъ и вѣтряныхъ мельницъ, необходимы приводы.

Поршневые насосы, непосредственно связанные съ паровою машиною, какъ это указано при описаніи насоса Вортингтона, обыкновенно называютъ паровыми насосами. При этомъ передача движенія отъ пароваго поршня къ поршню насоса можетъ быть устроена непосредственно; кромѣ того для этой цѣли пользуются передаточнымъ механизмомъ въ родѣ кривошипа, или эксцентрика, вращающагося на оси, или же балансиромъ; въ такомъ случаѣ возможно ограничить длину хода поршня насоса (такъ какъ она будетъ зависѣть отъ радіуса кривошипа) и, включая маховикъ, ввести желаемую степень наполненія пароваго цилиндра. Въ зависимости отъ этого устройства паровые насосы бываютъ: съ вращательнымъ движеніемъ и безъ онаго; затѣмъ съ однимъ цилиндромъ или съ двумя цилиндрами; горизонтальные и вертикальные, причемъ существуетъ большое разнообразіе въ соединеніи паровой машины съ насосомъ, такъ напримѣръ насосъ и паровая машина расположены рядомъ, или одинъ за другою; — паровая машина посредствомъ шатуна вращаетъ валъ, съ которымъ соединенъ кривошипъ и шатунъ къ штоку насоса; или же насосъ находится между двумя паровыми цилиндрами и проч.

Вообще говоря, разнообразныя типы паровыхъ насосовъ имѣютъ тотъ отличительный признакъ, что штокъ машины и насоса имѣетъ постоянно одинаковую скорость; или-же эти штоки могутъ двигаться съ разными скоростями, для чего вводятъ на промежуточномъ валу криво-

шипы разнаго радіуса, или-же зубчатую передачу движенія. Послѣдняго рода, т. е. зубчатая передача движенія примѣнима при большихъ высотахъ подъема, гдѣ, для необходимаго въ насосѣ давленія поршня, было бы необходимо поставить паровой цилиндръ значительно большаго діаметра, чѣмъ діаметръ насоса.

При хорошемъ устройствѣ паровыхъ насосовъ, ставятъ условіе, чтобы расходъ пара, въ одинъ часъ, на одну паровую силу въ дѣйствительно поднятой водѣ, не превышалъ 11 до 13 килограммовъ, при абсолютномъ давленіи въ 6 атмосферъ; новѣйшія машины компаундъ съ конденсаторомъ показываютъ, при испытаніи, расходъ пара даже отъ 8,5 до 10 килограммовъ; при газовыхъ двигателяхъ расходъ газа въ 1 часъ составляетъ около одного кубич. метра.

Керосиновый двигатель въ одну силу можетъ подавать въ часъ времени, на высоту 13 метровъ, до 12,000 литровъ воды, сжигая при этомъ отъ 0,3 до 0,4 килограмма (отъ $\frac{3}{4}$ до 1 фунта) керосина.

Между двигателями малой силы, употребляемыми при водоподъемѣ, показаны вѣтряные двигатели, которые оказали большія услуги при водоотливѣ въ Голландіи и сдѣлались въ этой странѣ чрезвычайно популярными. Эти приѣмники даровой силы природы требуютъ, для примѣненія ихъ нѣкотораго небольшого основнаго капитала и почти не нуждаются въ расходахъ во время эксплуатаціи.

Со времени филадельфійской выставки 1876 года, вѣтряные двигатели стали широко распространяться по Европѣ и, въ виду того значенія, какое они имѣютъ для степной полосы Россіи, въ особенности въ деревенскомъ быту, постараемся изложить вкратцѣ устройство нѣсколькихъ болѣе употребительныхъ системъ, ихъ дѣйствіе, расчетъ производительности и способы установки.

Хорошо устроенный вѣтряный двигатель удовлетворяетъ слѣдующимъ условіямъ:

- а. возможно большая площадь колеса обращена въ сторону дѣйствія вѣтра,
- б. регулированіе колеса въ зависимости отъ силы и направленія вѣтра происходитъ автоматически,
- в. крылья имѣютъ правильное очертаніе,

г. число движущихся частей, для уменьшения трения, по возможности меньше.

Вѣтряные двигатели разнятся между собою преимущественно устройствомъ вѣтрянаго колеса.

Вѣтряное колесо системы Галлодей имѣетъ слѣдующее устройство: на одномъ концѣ, горизонтально поставленнаго, рабочаго вала прикрѣплена шести или восьмиконечная чугунная розетка, съ которой соединено столько-же деревянныхъ ручекъ. Эти послѣднія, на нѣкоторомъ разстояніи отъ вала, соединены между собою желѣзными стержнями, такъ что образуется правильный шести или восьмиугольникъ, въ зависимости отъ числа ручекъ. Къ каждому изъ этихъ стержней, расположенныхъ въ вертикальной плоскости колеса, прикрѣплены деревянные тонкія планки, и такимъ образомъ между ручками колеса находится шесть или восемь секторовъ, полотнищъ, которые вмѣстѣ составляютъ кольцо принимающее силу вѣтра. Стержни не прикрѣплены къ ручкамъ на глухо, но концы ихъ, отдѣленные въ видѣ цапфы, изображаютъ ось вращенія полотнища, которое такимъ образомъ можетъ вращаться изъ вертикальнаго положенія въ горизонтальное, параллельное главному валу колеса. Деревянные планки, по ширинѣ, прикрѣплены подъ нѣкоторымъ угломъ относительно стержня.

На противоположномъ концѣ главнаго вала находится деревянный руль, посредствомъ котораго площадь колеса автоматически устанавливается перпендикулярно направленію движенія вѣтра для всѣхъ его скоростей, не превосходящихъ извѣстнаго предѣла, обыкновенно для скорости не болѣе семи метровъ въ секунду. При скоростяхъ больше этого предѣла, полотнища, помощью системы рычаговъ, муфтъ на главномъ валу и грузовъ на рычагахъ, вращаются около стержней, и при очень значительныхъ скоростяхъ становятся въ положеніе горизонтальное, параллельное рабочему валу. При этомъ вѣтеръ проходитъ свободно между ручками, и скорость вращенія колеса постепенно уменьшается; тогда вступаютъ въ дѣйствіе противовѣсы, полотнища опускаются и колесо опять работаетъ.

Такъ какъ такое неравномѣрное движеніе отражалось бы и на правильности движенія исполнительнаго механизма, на-

примѣръ насоса, то противовѣсы на рычагахъ расчитаны и помѣщены такимъ образомъ, чтобы число оборотовъ колеса оставалось постояннымъ и для скоростей, превосходящихъ принятый расчетный предѣлъ.

Въ зависимости отъ величины діаметра вѣтрянаго колеса, полотнища образуютъ одно, два, или нѣсколько концентрическихъ колецъ; рабочій валъ имѣетъ двѣ точки опоры, и, для вращенія всего колеса около вертикальной оси, обѣ опоры прикрѣплены къ чугунному кольцу, движущемуся по каткамъ.

Колеса системы Галлодей устриваютъ трехъ типовъ: для работы при насосахъ: простое колесо и двойное колесо, и затѣмъ третій типъ—для работы при машинахъ, при чемъ колесо состоитъ иногда и изъ семи рядовъ концентрическихъ колецъ.

На прилагаемой таблицѣ приведены нѣкоторые данныя относительно размѣровъ колесъ этой системы и ихъ производительности.

Но м е р ъ.	Діаметръ ко- леса въ		Величина хода поршня насоса въ					Вѣсъ въ килограм- махъ.	Число лошадиныхъ силъ.	Число оборотовъ ко- леса въ минуту.		
	англійскихъ футахъ.	метрахъ.	англійскихъ дюймахъ.	миллиметрахъ.								
П р о с т о е к о л е с о .												
1	8	2,44	3,50—4,50	89	—	114	200	0,50	65			
1 ^{1/2}	9	2,74	3,50—4,50	89	—	114	220	0,60	60			
2	10	3,05	4 — 5	102	—	127	225	0,75	60			
2a	10	3,05	10			254	225	0,75	60			
3	12	3,66	5 6 8	127	152	203	375	1	55			
3a	12	3,66	12			305	375	1	55			
4	13	3,96	5 6 8	127	152	203	435	1,50	50			
5	14	4,27	6 8 10	152	203	254	720	2	45			
Д в о й н о е к о л е с о .												
6	16	4,88	8 9 12	203	228	305	925	2,50	40			
7	18	5,49	8 9 12	203	228	305	1010	3,75	40			
8	20	6,10	10 12 15	254	305	381	1250	4,50	35			

Но м е р ъ.	Диаметръ ко- леса въ		Величина хода поршня насоса въ						Вѣсъ въ килограм- махъ.	Число лошадиныхъ силъ.	Число оборотовъ ко- леса въ минуту.
	англійскихъ футахъ.	метрахъ.	англійскихъ дюймовъ.			миллиметрахъ.					
8 ¹ / ₂	22	6,70	10	12	15	254	305	381	1410	5	30
9	25	7,62	10	12	15	254	305	381	1750	6	25
9 ¹ / ₂	28	8,53	12	15	18	305	381	457	1860	7	25
10	30	9,14	12	15	18	305	381	457	1935	8	20
Д л я д в и ж е н і я м а ш и н ѣ.											
3	12	3,66	—	—	—	—	—	—	445	1	55
4	18	3,96	—	—	—	—	—	—	625	1,50	50
6	16	4,88	—	—	—	—	—	—	1090	2	40
8 ¹ / ₂	22	6,71	—	—	—	—	—	—	1500	5	30
9	25	7,62	—	—	—	—	—	—	2315	6	25
10	30	9,14	—	—	—	—	—	—	2595	8	20
11	36	10,97	—	—	—	—	—	—	3500	12	15
12	40	12,19	—	—	—	—	—	—	4785	18	12
13	50	15,24	—	—	—	—	—	—	—	28	12
14	60	18,29	—	—	—	—	—	—	—	40	10

Во второй системѣ Эклипсъ деревянные планки при-
крѣплены на глухо между ручками, и кромѣ руля, на про-
тивоположномъ концѣ рабочаго вала, къ колесу прикрѣп-
ленъ второй руль въ положеніи параллельномъ плоскости
колеса; на другомъ концѣ этого малаго руля находится про-
тивовѣсъ. Это приспособленіе устроено для автоматической
установки колеса въ зависимости отъ силы вѣтра. Валъ ко-
леса имѣетъ одну точку опоры и оно можетъ вращаться около
вертикальной оси, независимо отъ положенія главнаго руля.
Давленіе вѣтра всегда больше съ той стороны колеса, на кото-
рой находится второй руль, и, если разность давленій вѣтра
на обѣ стороны колеса будетъ въ состояніи преодолѣть со-
противленіе вращенію всего колеса, около вертикальной оси,
то колесо выйдетъ изъ положенія перпендикулярнаго на-

правленію движенія вѣтра и, при значительной скорости послѣдняго, даже займетъ положеніе параллельное главному рулю. Сопротивленіе колеса вращенію зависитъ отъ противовѣса, находящагося на другомъ концѣ малаго, втораго руля. Обыкновенно при скоростяхъ вѣтра больше семи метровъ въ секунду вѣтряное колесо выходитъ изъ положенія перпендикулярнаго направленію теченія вѣтра, т. е. и при этой системѣ противовѣсъ малаго руля расчитанъ и помѣщенъ въ зависимости отъ послѣдней скорости.

Благодаря меньшему числу движущихся частей, сравнительно съ вышеприведеннымъ колесомъ, эта система вѣтряныхъ двигателей весьма широко распространена въ Америкѣ.

Здѣсь кстати замѣтимъ, что вѣтряное колесо обыкновенно устраиваютъ такимъ образомъ, чтобы оно могло работать при скоростяхъ вѣтра больше 4 метровъ въ секунду. При скорости 7 метровъ колесо производитъ полную работу; въ предѣлахъ отъ 4 до 7 метровъ скорости вѣтра, колесо производитъ, приблизительно, половину полной работы.

Для опредѣленія размѣровъ вѣтрянаго двигателя системы Эклипсъ, по заданному количеству воды и высотѣ подъема, приводимъ таблицу, составленную на основаніи опытовъ.

Диаметръ колеса въ футахъ.	Число лошадиныхъ силъ.	Число оборотовъ въ мин.	Количество воды въ ведрахъ въ минуту при высотѣ подъема футовъ:					
			25.	50.	75.	100.	150.	200.
3,50	0,25—0,75	70—75	1,892	0,916	—	—	—	—
10	0,75—1,00	60—65	5,888	2,936	2,033	1,305	—	—
12	1,00—1,50	55—60	10,320	5,511	3,638	2,605	1,744	—
14	2,00—2,50	50—55	13,853	6,929	4,698	3,458	2,397	1,534
16	2,50—3,50	45—50	19,332	9,718	5,099	4,958	3,000	2,479
18	3,00—4,00	40—45	29,988	16,015	9,981	7,497	5,368	3,749
20	4,00—5,00	35—40	38,360	19,571	12,526	9,593	5,920	4,893
25	6,00—8,00	25—30	65,201	32,838	21,982	15,266	11,466	8,209

Среди других выдающееся мѣсто занимаетъ двигатель Давыдова. Онъ, по наружному виду и по способу автоматическаго регулированія относительно силы вѣтра, близко подходитъ къ колесу Эклипсъ, представляя слѣдующія особенности:

а. главный валъ расположенъ подъ угломъ 14° къ горизонту, чѣмъ достигается болѣе нормальный къ плоскости колеса ударъ вѣтра, и такое расположеніе вала даетъ возможность строить башню двигателя болѣе широкой у основанія, слѣдовательно, представляющей большее сопротивление опрокидывающему дѣйствию вѣтра.

б. подшипники главнаго вала расположены по обѣ стороны вертикальной оси вращенія, и задній подшипникъ имѣетъ пята, принимающую давленіе отъ напора вѣтра на колесо. Вслѣдствіе такой конструкции колесо располагается ближе къ станинѣ. Сверхъ этого много другихъ мелкихъ усовершенствованій дѣлаютъ этотъ двигатель практичнымъ.

Двигатели Давыдова готовятъ слѣдующихъ размѣровъ и силъ:

Діаметръ вѣтрянаго колеса футовъ.													
15	16½	18	20	21	25	28	30	32	35	37	40	42	45
Число лошадиныхъ силъ.													
2	2¼	2¾	3¾	4	5½	6¾	8	9	11	13	15	16½	19

Наконецъ существуетъ система двигателей, гдѣ вѣтряное колесо представляетъ систему лопатокъ, изъ которыхъ каждая отдѣльно вращается около оси, имѣющей направленіе по радіусу колеса; для этого цапфы лопатки помѣщены въ двухъ кольцахъ, устроенныхъ изъ желѣзныхъ угольниковъ; одно изъ этихъ колецъ расположено по наружной окружности колеса, а другое по внутренней. По мѣрѣ поворачиванія лопатокъ въ одну или другую сторону увеличивается или уменьшается поверхность колеса перпендикулярная направленію движенія вѣтра. Подобно жалюзи, всѣ лопатки поворачиваются одновременно, и передвиженіе лопатокъ совершается посредствомъ такихъ же приспособленій, какъ и въ колесѣ Галлодея, т. е. помощью рычаговъ, муфтъ и противовѣсовъ.

Эта система, соединяя въ себѣ всѣ достоинства обѣихъ предыдущихъ системъ, а именно: прочность колеса, благодаря скрѣпляющимъ его по наружной окружности желѣз-

нымъ угольникамъ, чувствительность и большой коэффициентъ полезнаго дѣйствія, имѣетъ тотъ недостатокъ, что весь механизмъ сложнѣе вслѣдствіе вращенія каждой лопатки отдѣльно.

Работа вѣтрянаго двигателя, зависитъ отъ давленія вѣтра на площадь вѣтрянаго колеса и отъ величины площади его крыльевъ. Вслѣдствіе извѣстной зависимости между давленіемъ и скоростью вѣтра, и болѣе простаго измѣренія послѣдней, работа вѣтряныхъ двигателей можетъ быть выражена какъ функція скорости и площади крыльевъ. При величинѣ площади крыльевъ ω квадратныхъ метровъ и скорости v метровъ въ секунду, принимая во вниманіе практической коэффициентъ k , Куломбъ даетъ слѣдующую формулу:

$$N = k \cdot \omega \cdot v^3$$

гдѣ N работа, выраженная въ паровыхъ лошадахъ, причемъ коэффициентъ $k = 0,0005$ для новыхъ и $k = 0,0004$ для старыхъ двигателей. И слѣдовательно

$$N = 0,0005 \cdot \omega \cdot v^3.$$

Такъ какъ при описанныхъ системахъ вѣтряныхъ колесъ, въ центрѣ колеса свободная поверхность отвѣчаетъ кругу, коего діаметръ составляетъ $\frac{1}{3}$ наружнаго діаметра, т. е. при діаметрѣ d колеса

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi}{4} \left(\frac{d}{3}\right)^2 = \frac{8}{9} \frac{\pi d^2}{4} = 0,6981 d^2$$

то

$$N = 0,0005 \cdot 0,6981 d^2 v^3 = 0,00033 d^2 v^3$$

или, съ весьма малой погрѣшностью возможно принять

$$N = 0,00033 d^2 v^3$$

Изъ этой формулы слѣдуетъ, что работа колеса возрастаетъ пропорціонально квадрату діаметра колеса и кубу скорости вѣтра. Это значитъ, если, на примѣръ, діаметръ одного колеса въ 2 раза больше другого, то производительность, перваго колеса въ 4 раза больше производительности втораго. Точно также при одномъ и томъ же колесѣ діаметромъ d , работа колеса пропорціональна третьей степени скорости; на примѣръ, если скорость вѣтра будетъ 7 метровъ и 4 метра, то работа въ обоихъ случаяхъ будетъ пропорціональна 7^3 и 4^3 , то есть 343 и 64; вторая производи-

тельность составляет 0,1866 первой. Отсюда ясно видно значеніе скорости вѣтра при вычисленіи и устройствѣ вѣтряныхъ двигателей. Всегда необходимо принимать во вниманіе, чтобы размѣры ихъ не были слишкомъ малы, а съ извѣстнымъ запасомъ для возможности пользованія при болѣе значительныхъ колебаніяхъ скорости вѣтра.

Диаметръ колеса въ англійскхъ футахъ.	Диаметры въ метрахъ.		Соотвѣтственныя площади въ квадрат. метрахъ.	ω квадрат. метр.	ω К.	N при скоростяхъ въ метрахъ.								
	Наружный.	Внутренній.				v = 2	4	6	7	8	10			
						v ³ = 8	64	216	343	512	1000			
8	2,44	0,81	4,8—0,5	4,3	0,0021	0,017	0,137	0,464	0,720	1,075	2,1			
10	3,05	1,02	7,1—0,8	6,3	0,0031	0,025	0,198	0,669	1,063	1,587	3,1			
12	3,66	1,22	10,7—1,1	9,6	0,0048	0,038	0,307	1,037	1,646	2,458	4,8			
14	4,27	1,42	14,5—1,5	13,0	0,0065	0,052	0,416	1,404	2,229	3,328	6,5			
16	4,88	1,63	18,8—2,0	16,8	0,0084	0,067	0,538	1,814	2,881	4,360	8,4			
18	5,49	1,83	23,7—2,5	21,2	0,0106	0,085	0,678	2,290	3,636	5,427	10,6			
20	6,10	2,03	29,2—3,1	26,1	0,0135	0,108	0,864	2,916	4,630	6,91	13,5			
25	7,62	2,54	45,3—4,9	40,4	0,0202	0,162	1,293	4,363	6,929	10,34	20,2			
30	9,14	3,05	69,3—7,0	62,3	0,0311	0,249	1,990	6,717	10,67	15,92	31,1			
36	10,97	3,66	95,0—10,0	85,0	0,0425	0,340	2,720	9,180	14,58	21,76	42,5			
40	12,19	4,06	116,0—12,6	103,4	0,0522	0,418	3,351	11,275	17,90	26,73	52,2			
50	15,24	5,08	181—20	161,0	0,0805	0,644	5,152	17,390	27,61	41,22	80,5			

Какъ выше сказано вѣтряные двигатели обыкновенно устраиваютъ такимъ образомъ, чтобы колесо производило полную работу, при скорости вѣтра равной семи метрамъ въ секунду, но въ состояніи было начинать работу при скорости равной 4 метрамъ.

Поэтому принимая $v=4$ метра получимъ для N выраженіе.

$$N=0,00033 d^3 v^3=0,00033 d^3 \cdot 64=0,02112 d^3$$

откуда
$$d = \sqrt[3]{\frac{N}{0,02112}} = 6,68 \sqrt[3]{N}$$

причемъ d выражено въ метрахъ ¹⁾.

На основаніи послѣдней формулы, зная діаметръ вѣтрянаго колеса, опредѣляемъ число развиваемыхъ имъ лошадиныхъ силъ, и обратно, задавшись числомъ лошадиныхъ силъ, можемъ найти діаметръ колеса.

Вышеупомянутая зависимость между давленіемъ вѣтра и его скоростью можетъ быть выражена формулою:

$$P=0,1485 v^2$$

гдѣ P выражено въ килограммахъ на квадратный метръ, скорость v въ метрахъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ вычислено давленіе вѣтра при разныхъ его скоростяхъ.

Названіе вѣтра.	Скорость въ 1 сек. въ м.	Давленіе въ klg. на 1 кв. метръ.
Умѣренный	2,5	0,76
Свѣжій	4,7	2,64
Сильный	6,9	5,58
Очень сильный	12,6	18,8
Буря	25,1	74,6
Ураганъ	40,8	197,0

При скорости вѣтра равной 7 метрамъ въ секунду, скорость на окружности колеса, какъ показываютъ вычисленія,

¹⁾ Въ прейсъ-курантахъ производительность обыкновенно вычислена при скорости вѣтра равной 7 метр.; вслѣдствіе чего діаметръ, а съ нимъ и стоимость вѣтрянаго колеса значительно уменьшаются; однако гораздо выгоднѣе брать размѣры большіе противъ указанныхъ, потому что, хотя стоимость двигателя увеличится, за то онъ будетъ въ состояніи развить требуемую силу и при меньшихъ скоростяхъ вѣтра. Чтобы возможно выгоднѣе воспользоваться капиталомъ, затраченнымъ на устройство вѣтрянаго колеса, необходимо всегда число лошадиныхъ силъ принимать въ 2 до 2½ разъ больше, чѣмъ указано въ прейсъ-курантахъ и дѣйствительно необходимо для полнаго движенія.

будетъ 350 метровъ въ минуту, и въ зависимости отъ діаметра вѣтрянаго колеса, получается слѣдующее число оборотовъ колеса въ одну минуту:

Діаметръ колеса въ англ. фут.	Діаметръ колеса въ метрахъ.	Длина окружности колеса въ метрахъ.	Число оборотовъ колеса въ минуту.
8	2,44	7,5	45—46
9	2,74	8,6	40
10	3,05	9,4	36—37
12	3,66	11,5	30—31
14	4,27	13,3	26—27
16	4,88	15,4	23
18	5,49	17,3	20
20	6,1	18,9	18
22	6,7	21,0	17
25	7,6	23,9	15
28	8,53	26,7	13
30	9,14	28,7	12½
36	10,97	34,5	10
40	12,19	38,3	9
50	15,74	47,9	7½
60	18,29	57,4	6

Выраженіе работы вѣтрянаго двигателя можетъ быть преобразовано, для опредѣленія количества поднимаемой воды.

Назовемъ черезъ Q число литровъ, поднимаемой въ одну минуту воды, h высоту подъема въ метрахъ, и d діаметръ вѣтрянаго двигателя, тогда по предыдущей формулѣ:

$$N = 0,0005 \omega v^3 = 0,00033 d^2 v^3 = \frac{Qh}{60,75}$$

отсюда

$$Qh = 1,485 d^2 v^3$$

и для средней скорости $v = 4$ метрамъ

$$Qh = 95 d^2 \text{ и } d = \sqrt{\frac{Qh}{95}} = 0,1025 \sqrt{Qh}$$

Принимая во вниманіе треніе въ насосахъ и то обстоятельство, что клапаны не закрываются мгновенно, въ формулу

$$N = \frac{Qh}{75 \cdot 60}$$

необходимо ввести коэффициентъ $\alpha = 1,25$, для тщательно исполненныхъ насосовъ, и $\alpha = 1,5$ для обыкновенныхъ, такъ что

$$\frac{Qh}{75 \cdot 60} = \frac{N}{\alpha}$$

или $Qh = \frac{1,485 d^2 v^3}{1,5}$ до $\frac{1,485 d^2 v^3}{1,25}$

откуда

$$d = 0,125 \sqrt[3]{Qh} \text{ до } 0,115 \sqrt[3]{Qh}$$

въ среднемъ $d = 0,12 \sqrt[3]{Qh}$.

Для облегченія вычисленій приводимъ нѣсколько таблицъ. Первая таблица выражаетъ количество метровъ воды, поднятой вѣтрянымъ колесомъ въ одну минуту, при 0,75 полезномъ дѣйствіи насоса, и для одного метра высоты подъема,

Диаметръ колеса.		Скорость въ метрахъ в. сек.				
англ. фут.	метровъ.	2	4	6	8	10
8	2,44	57	438	1500	3600	7080
10	3,05	84	660	2220	5400	10440
12	3,66	126	1022	3480	8280	16140
14	4,27	174	1380	4746	11160	21840
16	4,88	222	1800	6060	14510	28200
18	5,49	288	2280	7680	18120	35640
20	6,10	360	2880	9840	23160	45360
25	7,62	540	4320	14840	34740	67860
30	9,14	840	6660	22560	53400	104520
36	10,97	1140	9120	30840	73200	142800
40	12,19	1380	11220	37860	89700	175380
50	15,26	2160	17280	55080	138480	270480

Количество литровъ воды, поднятое въ одну минуту, при разныхъ высотахъ подъема и опредѣленное по формулѣ

$$Qh = 63,4 d^2$$

принимая наименьшій коэффициентъ полезнаго дѣйствія насоса, и среднюю скорость $v = 4$ метрамъ въ секунду, можетъ быть найдено изъ нижеслѣдующей таблицы.

Діаметръ колеса.		Высота подъема въ метрахъ										
Метровъ.	Англ. фут.	1	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70
2,44	8	377,2	75	38	25	19	15	13	9	7	6	5
3,05	10	589,6	120	59	40	30	24	20	15	12	10	9
3,66	12	849,6	170	85	57	42	34	28	21	17	14	12
4,27	14	1155,8	231	116	77	58	46	39	29	23	20	16
4,88	16	1519,4	302	151	101	76	60	50	38	30	25	22
5,49	18	1910,9	382	191	127	96	76	64	48	38	32	27
6,10	20	2359,0	472	236	157	118	94	79	59	47	40	34
7,62	25	3681	736	368	245	184	147	123	92	74	61	53
9,14	30	5296	1059	530	320	265	212	177	132	106	88	76
10,97	36	7630	1526	763	509	381	305	254	190	153	127	109
12,19	40	9421	1884	942	628	471	377	314	235	188	157	135
15,26	50	14734	2947	1473	982	726	589	491	363	295	245	210

Двигательная сила вѣтра, какъ мы видѣли, зависитъ отъ его скорости, которая мѣняется по времени и по мѣсту. Поэтому для опредѣленія, въ извѣстномъ пунктѣ, числа дней въ мѣсяцѣ, въ теченіе которыхъ вѣтряной двигатель можетъ производить работу, необходимы анемографическія наблюденія, показывающія величину скоростей вѣтра и ея измѣненія, чрезъ нѣкоторые небольшіе промежутки времени, на примѣръ, чрезъ одинъ часъ. На основаніи такихъ наблюденій, производимыхъ въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ, возможно, съ достаточною точностью, вычислить, для каждаго мѣсяца, количество сутокъ полной и половинной работы двигателя. И, если къ этому прибавить наибольшее число слѣдующихъ одинъ за другимъ дней затишья, то, напр. при подъемѣ воды, возможно опредѣлить размѣры запаснаго резервуара, или опредѣлить время, въ теченіе коего придется прибѣгнуть къ работѣ двигателя другого рода.

Такія анемографическія наблюденія производятся однако, какъ извѣстно, преимущественно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ находятся физическія обсерваторіи; въ большинствѣ же случаевъ, на метеорологическихъ станціяхъ, находящихся въ вѣдѣніи главной физической обсерваторіи, наблюденія надъ скоростью вѣтра, наравнѣ съ другими элементами, производятся три раза въ сутки, а именно: утромъ въ 7 часовъ, въ 1 часъ дня и вечеромъ въ девять часовъ.

Поэтому для приблизительнаго опредѣленія двигательной силы вѣтра въ степяхъ юго-востока и отчасти востока Евро-

пейской Россіи, мы, пользуясь срочными наблюденіями, прибѣгли къ слѣдующему способу опредѣленія времени въ теченіи коего скорость вѣтра, въ одну секунду была:

а. отъ 4 до 7 метровъ и

б. больше 7 метровъ.

Предположимъ, что скорость вѣтра, между двумя смежными срочными наблюденіями, измѣняется пропорціонально времени, и назовемъ чрезъ:

V большую изъ двухъ наблюденныхъ скоростей,

v меньшую изъ двухъ наблюденныхъ скоростей,

t промежутокъ времени между двумя смежными наблюденіями,

T_1 время, въ теченіи котораго скорость вѣтра была отъ 4 до 7 метровъ въ секунду,

T_2 время въ теченіи коего эта скорость была больше 7 метровъ въ секунду.

То для случаевъ: когда скорость вѣтра, между двумя срочными наблюденіями, уменьшается, имѣемъ:

при $V < 7v$

$$T_1 = \frac{(V-4)t}{V-v}$$

при $V > 7$

$$T_1 = \frac{(7-v)t}{V-v}$$

Для случаевъ, когда скорость вѣтра, между двумя смежными наблюденіями, усиливается

$$T_1 = -\frac{3t}{V-v}$$

И наконецъ, время, въ теченіи коего скорость вѣтра больше семи метровъ:

$$T_2 = \frac{(V-7)t}{V-v}$$

По этимъ формуламъ и наблюденіямъ, помѣщаемымъ въ лѣтописяхъ главной физической обсерваторіи, для: Царицына, Камышина, Валуйскаго орошаемаго участка, слободы Малаго-Узенья, Уральскаго лѣсничества и для села Николаевского, вычислено, для каждаго года и мѣсяца, число сутокъ, въ теченіи которыхъ скорость вѣтра наблюдалась отъ 4 до 7 метровъ, когда двигатель производитъ половинную работу; кромѣ того опредѣлено число сутокъ, въ теченіе которыхъ скорость движенія вѣтра превосходила 7 метровъ, т. е. вѣтряной двигатель производилъ полную работу.

О р е н б у р г ъ .

М ѣ с я ц ы .	Ч и с л о с у т о ж ѣ с о с к о р о с т ѣ ю б о л ѣ												Среднее число су- тогъ по мѣсяцамъ.								
	1886.	1887.	1888.	1889.	1890.	1891.	1892.	1893.	1894.	1895.	1896.	1897.	1897.								
	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7							
Январь.	—	4	4	16	5	11	2	9	3	2	2	4	4	1	8	0	3	8	6,1	2,4	
Февраль.	4	0	7	1	8	4	9	8	5	2	5	1	8	4	7	4	2	5	6,3	3,2	
Мартъ.	13	5	10	6	5	7	6	8	6	8	5	1	1	1	7	1	8	9	7,2	3,5	
Апрѣль.	14	7	8	1	9	5	7	2	9	7	8	1	6	5	10	1	2	1	8	7,4	2,7
Май.	11	7	7	2	12	3	6	1	11	4	6	3	6	1	1	0	3	0	5,8	2,3	
Июнь.	11	2	10	0	9	5	13	0	7	0	5	1	4	1	8	1	1	0	6,3	0,8	
Июль.	6	2	12	0	7	2	6	1	13	2	6	2	7	0	2	1	0	2	5,5	0,8	
Августъ.	5	0	15	0	4	7	5	1	11	0	6	2	6	0	5	1	0	0	5,0	0,9	
Сентябрь.	4	2	11	1	6	5	13	0	10	2	10	1	6	0	1	0	2	0	5,9	0,9	
Октябрь.	5	1	8	2	8	7	8	3	8	7	8	3	4	1	4	0	4	1	5,0	2,2	
Ноябрь.	5	2	6	3	13	8	9	4	7	3	6	3	5	1	5	3	8	1	5,9	2,8	
Декабрь.	9	4	10	3	6	8	7	3	5	1	8	4	6	0	4	2	3	1	6,2	1,8	
Среднее за годъ.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,0	2,0	

Камышинъ ¹⁾.

М Ъ С Я Ц Ы.	1896.		1897.		Среднее число су- токъ по мѣсяцамъ.	
	ЧИСЛО СУТОКЪ СО СКОРОСТЬЮ БОЛѢ					
	4	7	4	7	4	7
Январь	4	0	2	0	3,0	0,0
Февраль.	4	2	4	4	4,0	3,0
Мартъ	0	0	8	1	4,0	0,5
Апрѣль	2	0	7	2	4,5	1,0
Май	1	0	9	5	5,0	2,5
Июнь	0	0	3	3	1,5	1,5
Июль	2	0	7	1	4,5	0,5
Августъ.	1	1	7	0	4,0	0,5
Сентябрь	8	0	4	0	6,0	0,0
Октябрь.	0	1	8	2	3,0	1,3
Ноябрь	7	4	8	2	5,0	2,0
Декабрь.	0	0	5	5	2,0	1,7
Среднее за годъ . .	—	—	—	—	3,9	1,2

Чтобы вѣтеръ могъ безпрепятственно дѣйствовать на вѣтряное колесо, оно должно быть установлено на совершенно открытомъ мѣстѣ, свободномъ отъ деревьевъ, вдали отъ высокихъ построекъ и другихъ подобнаго рода препятствій.

Двигатель долженъ находиться въ разстояніи около 50 саж., или 100 метровъ, отъ предметовъ, мѣшающихъ доступу къ нему вѣтра, и ось вѣтряного колеса располагають на высотѣ около 10 метровъ отъ поверхности земли. Болѣе значительная высота сопряжена съ большими затратами, и если ея достигнуть не трудно, то стоитъ изъ этого обстоя-

¹⁾ За прежнее время наблюденія не вѣрны.

тельства извлечь выгоду, потому что въ верхнихъ слояхъ обыкновенно дуетъ довольно свѣжій вѣтеръ въ то время, когда у поверхности земли едва замѣтно его дѣйствіе.

Основаніе для вѣтрянаго двигателя можетъ быть построено или отдѣльно, или же надстроено на имѣющихся постройкахъ. Второй случай можно предложить при нежилыхъ постройкахъ, потому что, хотя сначала вѣтряной двигатель дѣйствуетъ безъ шума, но со временемъ, когда шарниры и другія движущіяся части изотрутся, шумъ дѣлается неустрашимымъ. Если же хотимъ построить двигатель надъ хозяйственными постройками, то основаніе всегда лучше опускать до пола, и только при исключительно крѣпкихъ крышахъ довольствоваться установкой основанія двигателя на крышѣ, потому что постоянныя сотрясенія могутъ повліять на прочность крыши.

Во всякой мѣстности существуетъ одно господствующее направленіе вѣтра, поэтому полезно вѣтряной двигатель расположить близъ постройки такимъ образомъ, чтобы она, закрывая только основаніе двигателя, находилась со стороны господствующаго вѣтра, такъ какъ въ этомъ случаѣ увеличивается дѣйствіе вѣтра на колесо и уменьшается давленіе его на основаніе двигателя. Основаніе обыкновенно дѣлается деревянное или желѣзное, рѣдко каменное. Первый матеріалъ употребляется чаще всего въ случаяхъ, служащихъ для практической цѣли. Если нужна красивая постройка, какъ на примѣръ, въ случаѣ установки двигателя въ паркѣ или на площади, то деревянное основаніе замѣняютъ легкимъ желѣзнымъ.

Во всѣхъ случаяхъ башню основанія раздѣляютъ на ярусы вышиною отъ 3 до 4 метровъ, для устройства нѣсколькихъ опоръ, или направляющихъ для передачи движенія, будетъ ли это штокъ насоса или вертикальный стержень, передающій движеніе другимъ механизмамъ. При этомъ раздѣленіи на ярусы, достигается удобство поднятія къ колесу, для наблюденія и необходимой частой смазки (приблизительно 2 раза въ недѣлю), движущихся частей.

Весьма полезно устраивать резервуаръ въ верхней части основанія вѣтрянаго двигателя, при чемъ достигается значительное давленіе и вода можетъ быть употреблена для раз-

личныхъ цѣлей, какъ на примѣръ, для поливки, для фонтановъ, на случай пожаровъ и, вообще, гдѣ необходима сильная струя воды. Однако не надо всю воду, даже и ту, которая нуждается въ меньшемъ давленіи, подымать на такую высоту, такъ какъ это вызываетъ бесполезную работу колеса. Въ подобныхъ случаяхъ очень полезно употреблять двойные краны, которые сообщали бы питательную трубу попеременно съ верхнимъ или нижнимъ резервуаромъ, съ первымъ въ случаѣ сильнаго, а со вторымъ въ случаѣ слабого вѣтра.

Резервуары или, какъ ихъ обыкновенно называютъ, баки могутъ быть деревянные или желѣзные. Послѣдніе предпочтительнѣе, хотя и дороже, потому что прочнѣе и не требуютъ такого надзора, какъ деревянные.

Въ трубѣ, питающей бакъ, устраиваютъ автоматически закрывающійся клапанъ, чтобы прекратить сообщеніе съ насосомъ въ случаѣ порчи послѣдняго, иначе вся вода вытечетъ изъ бака. Когда бакъ наполненъ, удобно прекращать дѣйствіе вѣтрянаго двигателя помощью поплавка.

Поплавокъ можетъ быть пустой, совсѣмъ закрытый, боченокъ, который соединенъ внизу со стержнемъ, имѣющимъ выступъ. При наивысшемъ допускаемомъ уровнѣ поплавокъ подымается вверхъ настолько, чтобы выступъ стержня, надавливая на одно плечо рычага, опускалъ другое его плечо и связанный съ послѣднимъ стержень, который помощью какого нибудь механизма разобщаетъ колесо съ насосомъ. Самое удобное располагать насосъ вертикально внизу подвѣтрянымъ двигателемъ, такъ что возможно непосредственное соединеніе тяги насоса съ цапфой кривошипа. Для измѣненія величины хода поршня, вмѣсто обыкновеннаго кривошипа, устраивается дискъ съ нѣсколькими отверстіями, находящимися на различныхъ разстояніяхъ отъ оси вращенія диска; въ эти отверстія вставляютъ хвостъ цапфы, а къ цапфѣ подвѣшиваютъ тягу отъ поршня насоса. Тяга бываетъ желѣзная, трубчатая или деревянная квадратная. Тяги направляются роликами, которые располагаются попеременно, чтобы движеніе происходило по прямой линіи, такъ что оси одной пары роликовъ перпендикулярно расположены относительно направленія осей другой, выше или ниже лежащей пары роликовъ.

Вѣтряной двигатель, устроенный для водоснабженія города съ 20-ти тысячнымъ населеніемъ, имѣетъ колесо діаметромъ 12,20 метровъ, и производитъ работу въ 18 лошадиныхъ силъ, при скорости вѣтра равной 7 метрамъ въ секунду. При этомъ онъ приводитъ въ движеніе четыре насоса двойного дѣйствія, при діаметрѣ стакана въ 250 миллиметровъ и ходѣ поршня равномъ 500 миллиметрамъ. Эти насосы, при средней годовой скорости вѣтра въ 4 метра, подаютъ въ часъ 162.000 литровъ воды, на высоту до 6 метровъ.

Въ Голландіи для водоотлива съ польдеровъ, поверхностью 12.632 гектаровъ, служатъ 42 вѣтряныя мельницы. Въ среднемъ одна вѣтряная мельница поднимаетъ въ одну минуту 59.000 литровъ воды на высоту 1,70 метра; всего на эту же высоту необходимо было поднять 430 кубическихкихъ метровъ воды, что составитъ 162,5 лошадиныхъ силъ.

§ 11 Сравненіе разныхъ способовъ подъема воды.

Выборъ, въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, наиболѣе цѣлесообразнаго приспособленія для подъема воды зависитъ отъ разныхъ условій, въ числѣ коихъ, какъ мы выше видѣли, на первое мѣсто слѣдуетъ поставить высоту подъема и количество воды, которое необходимо поднять въ единицу времени. Къ этимъ двумъ главнымъ условіямъ обыкновенно присоединяются нѣкоторыя другія, а именно: дешевизна и простота устройства, возможность поднимать воду при измѣняемости уровня воды нижняго резервуара, небольшой объемъ, легкость установки, удобство работать при извѣстномъ двигателѣ, небольшой расходъ топлива, незначительность первоначальной затраты, періодичность или непрерывность работы и прочее.

Для сравненія, въ слѣдующей таблицѣ, сгруппированы нѣкоторые элементы, относящіеся къ водоподъемнымъ приспособленіямъ, а именно: высота подъема, количество воды, поднимаемое въ часъ времени и коэффициентъ полезнаго дѣйствія. При этомъ мы придерживались порядка нашего описанія, и для нѣкоторыхъ изъ машинъ, какъ напр. для поршневыхъ и центробѣжныхъ насосовъ, приводимъ лишь числа,

относящихся къ нѣкоторымъ изъ многочисленныхъ существующихъ насосовъ.

Названіе водоподъемника.	Высота подъема въ футахъ.	Количество воды, поднятое въ одинъ часъ времени.	Коэффициентъ полезнаго дѣйствія.
Ведро въ рукахъ рабочаго . .	4	375 ведеръ.	0,265
Журавль	отъ 10 до 21	600 >	0,345
Журавль, качающійся отъ тяжести рабочихъ	10	600 >	0,345
Двѣ бадьи на воротѣ съ ручкою для рабочихъ, на одинъ метръ высоты подъема.	—	1800 >	—
Корзина	3	отъ 300 до 400 ведеръ.	—
Лопатки	3	500 >	0,275
Подвѣсная лопатка	отъ 4 до 5	3.300 >	0,69
Качающаяся лопатка	> 3 > 4	отъ 9.600 до 11.500 вед.	—
Машина Мореля	> 12 > 15	3.400 ведеръ.	—
Чигирь	> 20 > 63	отъ 375 до 750 вед.	0,60
Египетскій чигирь	—	тоже	—
Желѣзная норія	> 20 > 80	отъ 550 до 3.000 вед.	0,80
Норія Гатто	> 3 > 20	отъ 600 до 3.000 вед.	0,48—0,70
Колесо съ кувшинами	10	3.280 вед.	0,60
Колесо съ подвѣшен. черпаками.	> 10 > 12	15.000 >	0,65
Тягачъ Лафе	> 8 > 10	отъ 6.000 до 12.000 вед.	0,75
Колесо съ внутреннюю опалубкою	> 1 > 12	отъ 351.000 до 1.260.000 в.	0,64
Колесо (Сажебенъ) съ плоск. лопатками	> 2 > 12	> 529.000 > 1,960.000 >	0,75—0,80
Архимедовъ винтъ	> 10 > 15	> 3.600 > 585.000 >	0,64—0,70
Вертикальный цѣпной насосъ.	> 8 > 16	> 640 > 1.400 >	0,65
Наклонный цѣпной насосъ . .	> 8 > 16	1.400 вед.	0,40
Спиральный насосъ	72	900 >	—
Горизонт. центробѣж. насосъ .	> 4 > 50	до 10.000 куб. м.	0,85
Вертикальный центроб. насосъ.	> 1,67 > 10	> 25.200 > >	0,70
Гидравлическій таранъ	> 15 < 65	отъ 1,300 до 240 вед.	0,23—0,92
Поршневой всасывающ. насосъ (Гаарлемъ).	15	отъ 1.400 до 2.880 куб. м.	—
Поршневой насосъ для большихъ высотъ подъема . .	1682	40 > >	—

Изъ этой таблицы оказывается, что, въ отношеніи высоты подъема, первое мѣсто принадлежитъ поршневымъ насосамъ. Близъ Ниццы, какъ выше сказано, для укрѣпленія приходится подавать воду на высоту 1682 фут., и такъ какъ при этомъ давленіи пришлось исключить, примѣненіе воздушнаго колокола то, для болѣе равномернаго движенія воды по трубамъ, сращено семь насосовъ такимъ образомъ, что въ каждый моментъ поршни въ цилиндрахъ занимаютъ семь разныхъ положеній.

Въ отношеніи количества воды изъ за перваго мѣста спорятъ между собою центробѣжные насосы и колеса съ плоскимилопатками (Сажебиень). Если примемъ во вниманіе, что колеса требуютъ болѣе дорогихъ фундаментовъ, болѣе громоздки и требуютъ болѣе значительной первоначальной затраты на ихъ устройство, то въ тѣхъ случаяхъ, когда машина должна работать періодически, преимущество слѣдуетъ отдать центробѣжнымъ насосамъ.

Въ отношеніи коефіціента полезнаго дѣйствія первое мѣсто занимаютъ поршневые насосы, обладающіе, кромѣ того, тѣмъ преимуществомъ, что, въ зависимости отъ размѣровъ насоса, къ нему примѣнимъ всякаго рода двигатель, между тѣмъ какъ центробѣжные насосы, для правильнаго и равномернаго движенія, нуждаются въ двигателяхъ, работающихъ съ равномерною скоростью, такъ напр. мускульная сила животныхъ при нихъ неудобопримѣнима. Съ другой стороны, при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, первоначальная затрата на пріобрѣтеніе центробѣжнаго насоса меньше, нежели на пріобрѣтеніе поршневого насоса.

По сравненію съ колесами и винтами центробѣжные насосы, кромѣ приведенныхъ преимуществъ, обладаютъ еще свойствомъ поднимать воду на болѣе значительную высоту, правильно работая при пониженіи или повышеніи уровня воды нижняго резервуара.

Изъ опытовъ, произведенныхъ съ всасывающими насосами, колесами Сажебиень и съ центробѣжными насосами, построенными для подъема значительныхъ количествъ воды, оказывается, что полезная работа составляетъ слѣдующія части индикаторной работы: всасывающіе насосы 0,70, колеса Сажебиень 0,67 и центробѣжные насосы 0,45.

Количество топлива (каменного угля), необходимое, въ теченіе времени съ Сентября по Май мѣсяцъ, для подъема воды, колесами на высоту одного метра (3,28 ф.), съ поверхности одного гектара (0,915 десят.) составляетъ:

Для всасывающихъ насосовъ . . .	1.05 гектолитр.
„ колесъ Сажебѣнъ	1.06 „
„ центробѣжныхъ насосовъ . . .	1.77 „
„ винтовъ	отъ 0.66 до 0.90 г.

При насосахъ, употребляемыхъ въ Голландіи, количество угля, необходимое въ часъ времени паровой машинѣ на одну силу, выраженную въ поднятой водѣ, составляло:

При центробѣжныхъ насосахъ	2,37 килогр.
При всасывающихъ	2,48 „
При колесахъ	2,47 „
При винтахъ	3,00 „

Это небольшое количество топлива при центробѣжныхъ насосахъ получилось вслѣдствіе высоты подъема равной 4,42 метровъ и по причинѣ отсутствія колебаній уровня воды нижняго резервуара.

Если идетъ рѣчь о выборѣ между колесомъ съ лопатками и архимедовымъ винтомъ, то, при выборѣ, рѣшающее значеніе имѣетъ только высота подъема, въ отношеніи коей, на основаніи опытовъ слѣдуетъ, замѣтить, что:

- а. если она не превышаетъ 1,50 метр. (5 фут.), и глубина погруженія лопатокъ значительна, преимущество слѣдуетъ отдать колесу; въ такомъ случаѣ, оно дешевле винта, размѣры его меньшіе и потеря работы двигателя незначительна.
- б. при высотахъ подъема около 3 метровъ (10 ф.) архимедовъ винтъ и колеса съ лопатками одинаково примѣнимы, такъ какъ тѣ и другіе не лишены нѣкоторыхъ недостатковъ. Такъ напр., при колесахъ все устройство выходитъ дороже, машина работаетъ невыгодно, въ особенности при незначительной глубинѣ погруженія лопатокъ; при архимедовомъ винтѣ дѣйствительная высота подъема воды больше требуемой, такъ что ту-же работу возможно было бы исполнить колесомъ въ теченіе половиннаго времени.

в. при высотах подъема отъ 3 до 4,50 метровъ преимущество остается на сторонѣ винтовъ, потому что колесо выходитъ весьма значительнаго размѣра, стоимость очень высока, при небольшемъ коэффициентѣ полезнаго дѣйствія.

Относительно производительности паровыхъ насосовъ указаніемъ могутъ служить результаты опытовъ, исполненныхъ съ паровыми водоподъемниками, работающими на югозападныхъ желѣзныхъ дорогахъ. При этомъ продуктивностью насоса называютъ величину полезной его работы, выраженную въ килограммометрахъ и произведенную однимъ килограммомъ израсходованнаго пара.

Производительность лучшихъ, изъ существующихъ английскихъ водоподъемныхъ шахтныхъ машинъ составляетъ отъ 26 до 31 тысячи килограммометровъ работы на 1 килгр. пара (отъ 84 до 100 тысячъ фунтофутовъ на 'одинъ фунтъ пара) ¹⁾.

Самыми неэкономными въ отношеніи расхода пара оказались инжекторы, а затѣмъ пульзометры. Продуктивность испытанныхъ инжекторовъ, употреблявшихся вмѣсто водоподъемниковъ, оказалась равною 400 килгр.-м. на 1 килгр. пара, а для пульзометровъ 700 килгр.-м. Первая цифра въ 65 разъ менѣе, чѣмъ наименьшая продуктивность хорошихъ английскихъ водоподъемниковъ (26 тыс. килгр.-м.), а вторая въ 37 разъ. Такой неблагоприятный результатъ объясняется тѣмъ, что въ этихъ приборахъ большая часть теплоты пара идетъ на бесполезное нагрѣваніе поднимаемой воды. Степень экономичности дѣйствія этихъ приборовъ, съ увеличеніемъ высоты подъема воды, падаетъ, т. е. какъ разъ противоположно тому, что имѣетъ мѣсто при поршневыхъ насосахъ.

Пульзометры, хотя и лучше инжекторовъ, всетаки для своего дѣйствія требуютъ котла съ поверхностью нагрѣванія отъ 2 до 3 разъ большею, чѣмъ равносильный имъ поршневой насосъ; поэтому они могутъ находить себѣ примѣненіе въ тѣхъ случаяхъ, когда расходъ топлива не играетъ

¹⁾ Производительность машинъ Самарскаго водопровода составляетъ 51,600 фунтофут. работы на 1 фунтъ пара. Журналъ «Инженеръ» 1892 г.

никакой роли, когда для установки парового насоса нѣтъ мѣста и приспособленія, когда поставить его нѣтъ времени или когда требуется нагрѣтая вода.

Слѣдующее мѣсто по своей малой экономичности заняли быстроходные насосы, прямого дѣйствія, безъ маховика и вращающихся частей, системы Howard'a Tyler'a. Они компактны, имѣютъ малый объемъ, не имѣютъ съ наружи никакихъ движущихся частей, не требуютъ почти никакого фундамента и дѣлаютъ большое число оборотовъ (отъ 84 до 104) или двойныхъ качаній поршня. Насосъ безъ холодильника давалъ 900 килгр.-м., а съ холодильникомъ 1010; другой насосъ давалъ производительность 1810 килгр.-м., весьма близко подходящую къ таковой для небольшихъ поршневыхъ насосовъ съ маховикомъ.

Насосы съ зубчатою передачею движенія оказались въ общемъ малопроизводительными, хотя и лучше насосовъ Tyler'a. Изъ прямодѣйствующихъ насосовъ—Вортингтона, описанный изъ Америки, при 60 оборотахъ въ минуту и 70 фунт. давленія пара, при высотѣ подъема 76 метр. и количествѣ воды въ часъ 29,60 куб. метр., показалъ производительность 7830 килгр.-метровъ.

Насосы Блека, компаундъ, при подъемѣ отъ 20 до 50 куб. метр. въ часъ, на высоту отъ 41 до 68 метровъ, показали среднюю производительность 6820, а при высотѣ напора 170 метр.—до 8940 килгр.-метровъ.

Еще лучше результаты получились съ насосами компаундъ, системы Вортингтона. Наиболѣе совершенные изъ нихъ, работающіе съ холодильникомъ, при высотѣ напора въ 180 метр., обнаружили производительность въ 12.100 килгр. метровъ.



О П Е Ч А Т К И.

Страница.	Строка.	Напечатано.	Слѣдуетъ читать.
16	2 снизу	гичиремъ	чигиремъ
17	3 »	лошаль	лошадь
22	2 »	подаемъ	даемъ
23	3 »	колезъ	колесъ
25	7 »	оказалось	оказалась
26	5 сверху.	желѣзныя	желѣзные
27	4 снизу	коэфез. пол.	коэф. полезн.
29	12 сверху	металлическитъ	металлическихъ
32	2 снизу	задѣвають	задѣваетъ
37	13 сверху	ивъ	изъ
—	»	криволинейныхъ	криволинейныхъ
55	8 сверху	нанаходятся	находятся
64	14 снизу	и, девяти рабочихъ	и девяти рабочихъ,
66	16 сверху	разстояніи	разстояніе
—	17 снизу	произвольную	производную
71	2 сверху	<i>tga</i>	<i>tga</i>
89	11 снизу	оборогъ	оборотъ
95	16 сверху	нагнетальною	нагнетательною
99	»	черт. 99.	черт. 69
121	1 сверху	зависимостм	зависимости
132	4 ст. табл.	Q	Q_1
140	3 сверху.	$2d^2$	$2d^2$
193	19 »	$7v$	7